



TUGAS AKHIR - TE 141599

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGATURAN SUHU
RUANGAN BERDASARKAN SUHU TUBUH
MENGUNAKAN TERMOMETER INFRAMERAH**

**DANANG RIZKI MOHAMED
NRP 2220100023**

**Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Ir. Tasripan, MT.**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TE 141599

**DESIGN OF ROOM TEMPERATURE CONTROL SYSTEM
BASED ON BODY TEMPERATURE USING INFRARED
THERMOMETER**

**DANANG RIZKI MOHAMED
NRP 2210100023**

**Promotor
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Ir. Tasripan, MT.**

**ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGATURAN SUHU
RUANGAN BERDASARKAN SUHU TUBUH
MENGUNAKAN TERMOMETER INFRAMERAH**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Bidang Studi Elektronika
Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I,



Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
NIP.196904261994031003

Dosen Pembimbing II,



Ir. Tasipan, MT.
NIP.196204181990031004



RANCANG BANGUN SISTEM PENGATURAN SUHU RUANGAN BERDASARKAN SUHU TUBUH MENGUNAKAN TERMOMETER INFRAMERAH

Nama : Danang Rizki Mohamed
Pembimbing I : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
Pembimbing II : Ir. Tasripan, MT.

ABSTRAK

Pesatnya perkembangan pada teknologi *Air-Conditioner (AC)* memberikan banyak kemudahan bagi para pengguna beserta dengan fasilitas-fasilitas yang ditawarkan para produsen AC. Namun kurangnya pengetahuan para pengguna akan kesesuaian suhu tubuhnya dengan suhu pada AC menyebabkan ketidaknyamanan yang dirasakan dalam tubuh pengguna. Sehingga dibutuhkan pengaturan secara otomatis pada suhu AC yang sesuai berdasarkan pada suhu tubuh manusia saat itu.

Penggunaan Termometer Infrared yaitu *thermopile infrared sensor*, sebagai sensor yang membaca suhu pada tubuh manusia, diharapkan dapat mengatur keluaran suhu pada air-conditioner agar sesuai dengan suhu tubuh manusia disaat itu. Berdasarkan pada *rule based* yang dibangun menggunakan *Fuzzy Logic*, dapat diketahui hubungan input-output antara suhu tubuh manusia dan suhu keluaran pada air-conditioner. Presentase keberhasilan adalah 83%.

Kata kunci : *air-conditioner*, *fuzzy logic*, termometer infrared.

THE DESIGN OF ROOM TEMPERATURE CONTROL SYSTEM BASED ON BODY TEMPERATURE USING INFRARED THERMOMETER

Name : Danang Rizki Mohamed
1st Advisor : Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.
2nd Advisor : Ir. Tasripan, MT.

ABSTRACT

The advance growth of air-conditioner technology gives the easiest way for users with the facilities that have been given from air conditioner maker. Due to the lack of knowledge of the users about the suitable body temperature with the actual AC temperature make an uncomfortable condition for them. Therefore, the automatic control of AC is needed to make a suitable AC temperature for body at that time.

The use of infrared thermometer, which is thermopile infrared sensor, as a sensor that detect and read the human's body temperature, hoped can controlling the temperature output on air conditioner in order to make a good balance with the body temperature at that time. Based on the Rule Based which is established by using fuzzy logic, it can be known the relation between input-output on air conditioner. Percentage of success is 83%.

Keywords: air-conditioner, fuzzy logic, infrared thermometer.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas kasih dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul :

Rancang Bangun Sistem Pengaturan Suhu Ruangan Berdasarkan Suhu Tubuh Menggunakan Termometer Inframerah

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan pendidikan program Strata-Satu di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan tugas akhir ini, khususnya kepada:

1. Bapak, Ibu, kakak serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril dan materiil.
2. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing 1 dan Ir. Tasripan, MT. selaku dosen pembimbing 2 atas bimbingan dan arahan selama penulis mengerjakan tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen pengajar dan staff Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalaman selama penulis menempuh kuliah.
4. Teman-teman laboratorium Elektronika yang tidak dapat disebutkan satu persatu telah membantu penulis dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi semua pihak dalam upaya untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang Sensor dan Aktuator. Selain itu penulis juga berharap supaya Tugas Akhir ini dapat dikembangkan semaksimal mungkin untuk aplikasi yang lebih bermanfaat.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

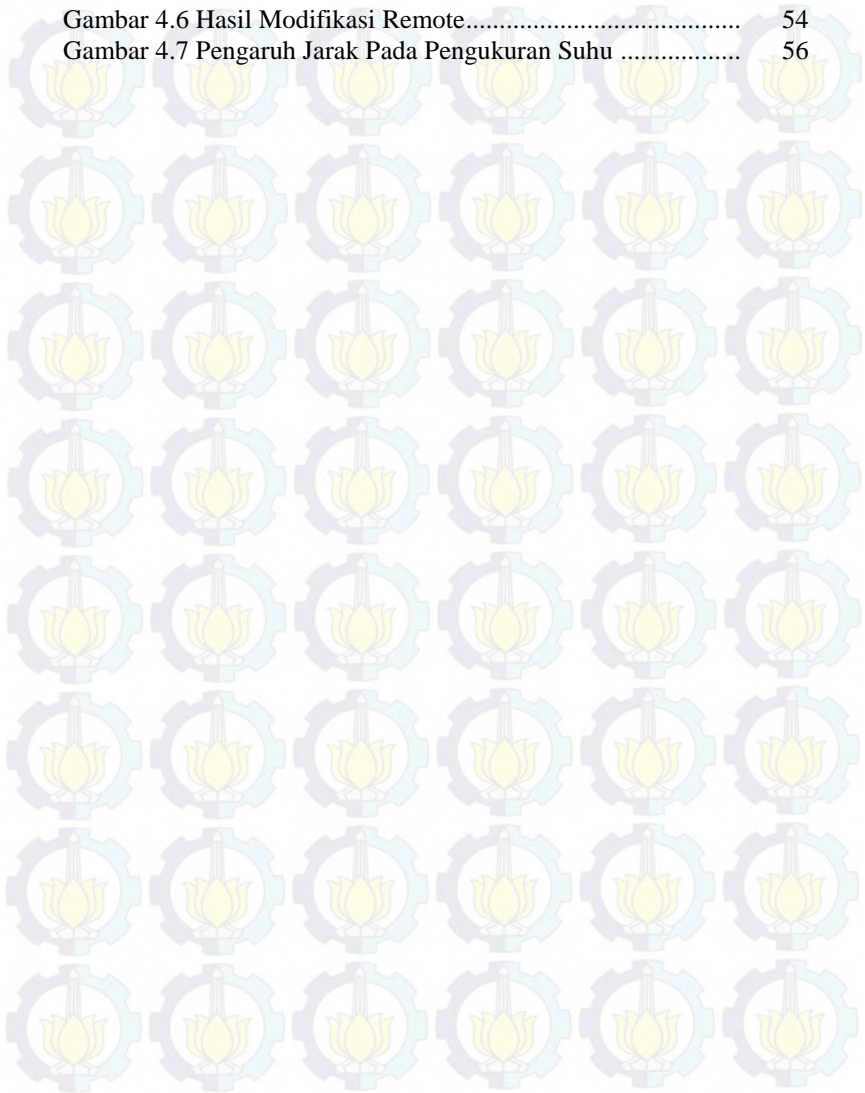
	Halaman
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevan	4
BAB II PENUNJANG TEORI	
2.1 Regulasi Suhu Tubuh	5
2.1.1 Mekanisme Tubuh Ketika Suhu Meningkat.....	6
2.1.2 Mekanisme Tubuh Ketika Suhu Menurun	7
2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Suhu Tubuh.....	7
2.1.4 Mekanisme kehilangan Panas Melalui Kulit	11
2.1.5 Cara pencegahan menurut k3	11
2.2 Termomter Inframerah	12
2.3 <i>Thermopile</i>	14
2.4 Mikrokontroler ATmega 16	16
2.4.1 Bahasa Pemrograman ATmega 16.....	17
2.5 <i>Fuzzy Logic</i>	19
2.6 Regresi Linier.....	21
2.7 Remote Control	22
BAB III PERENCANAAN SISTEM	
3.1 Thermopile TS 118-3	26
3.2 Perancangan Perangkat Keras	28
3.2.1 Buffer Amplifier.....	28
3.2.2 Instrumentasi Amplifier IC AD620.....	30
3.2.3 Minimum Sistem ATmega 16	36

3.2.3.1 Perhitungan Resolusi ADC	39
3.2.4 Liquid Crystal Display	39
3.3 Fuzzy Logic	41
3.3.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy	42
3.4 Regresi Linier.....	46
BAB IV PENGUJIAN ALAT	
4.1 Pengujian Pembacaan Suhu	49
4.2 Pengujian Perangkat Lunak.....	50
4.2.1 Pengujian Sensor <i>Thermopile</i>	50
4.2.2 Pengujian Hasil Konversi Suhu.....	51
4.3 Modifikasi Remote AC	53
4.4 Pembahasan Permasalahan.....	55
4.4.1 Pengujian Menggunakan Lensa Fresnel.....	55
4.4.2 Pengaruh Jarak Terhadap Pengukuran	55
4.5 Pengujian Sistem Keseluruhan	57
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
BIODATA PENULIS.....	65

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pemetaan Suhu Pada Tubuh Manusia	6
Gambar 2.2 Hasil Percobaan Temperature Basal Kulit dan Dubur Pada Temperature Lingkungan	9
Gambar 2.3 Keseimbangan Antara Produksi Panas dan Pengeluaran Panas	10
Gambar 2.4 Aliran Proses Sistem Pengukuran Inframerah	12
Gambar 2.5 Perbandingan Spot dan Target untuk pengukuran ...	13
Gambar 2.6 Diagram Blok Termometer Inframerah	14
Gambar 2.7 Thermopile	14
Gambar 2.8 Seebeck Effect	16
Gambar 2.9 Thermopile TS118-3	16
Gambar 2.10 Pin-pin ATmega16	19
Gambar 2.11 Contoh Logika Fuzzy	20
Gambar 2.12 Remote AC	23
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	25
Gambar 3.2 Thermopile TS118-3	26
Gambar 3.3 Sinyal Output <i>Thermopile</i>	27
Gambar 3.4 IC Op Amp OP07	30
Gambar 3.5 Buffer Amplifier	30
Gambar 3.6 Skematik IC AD620	31
Gambar 3.7 Instrumentasi Amplifier	31
Gambar 3.8 IC Instrumentasi Amplifier AD620	32
Gambar 3.9 Penurunan Stage 1	32
Gambar 3.10 Penurunan Stage 2	33
Gambar 3.11 Penurunan Stage 3	34
Gambar 3.12 Minimum System ATmega 16	37
Gambar 3.13 Konfigurasi Pin ATmega 16	37
Gambar 3.14 Pemrograman Codevision AVR	38
Gambar 3.15 16x2 LCD	40
Gambar 3.13 Contoh Program LCD di Codevision AVR	41
Gambar 3.14 Himpunan Fuzzy Untuk Rule 1	43
Gambar 3.15 Himpunan Fuzzy Untuk Rule 2	44
Gambar 4.1 Alat yang Sudah Jadi	50
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Suhu dan Tegangan	52
Gambar 4.3 Hasil konversi Tegangan	52

Gambar 4.4 Coding Untuk Melakukan Konversi Suhu.....	53
Gambar 4.5 Remote AC Panasonic.....	54
Gambar 4.6 Hasil Modifikasi Remote.....	54
Gambar 4.7 Pengaruh Jarak Pada Pengukuran Suhu	56



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pengaruh temperature terhadap tubuh.....	10
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Thermopile</i> TS118-3.....	28
Tabel 3.2 Set Point Untuk Kontrol Suhu AC	41
Tabel 3.3 <i>Rule Based Fuzzy Logic</i>	45
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Pembacaan Suhu	49
Tabel 4.2 Data Regresi Linier Untuk Konversi.....	51
Tabel 4.3 Pengaruh jarak pada suhu 35°C	56
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Percobaan 1	58
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Percobaan 2	59
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sistem Percobaan 3	60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada alat listrik *Air Conditioner* (AC) dewasa ini telah memiliki banyak peningkatan dalam segi fitur. Dimana para pengguna dimanjakan dengan berbagai fitur yang disediakan oleh para produsen AC. Fitur-fitur pada AC tersebut memiliki berbagai macam fungsi, seperti *air purifier*, *fan speed* yang dapat diatur hingga fitur anti demam berdarah.

Meskipun perkembangan AC telah meningkat hingga seperti saat ini, Kondisi dalam ruangan umum dimana seseorang atau sekelompok manusia yang tidak dapat mengatur suhu pada AC dapat merasakan hawa yang sangat dingin atau panas sehingga membuat mereka kurang nyaman dengan kondisi suhu tersebut.

Upaya untuk menyesuaikan suhu AC dengan kenyamanan yang dirasakan tubuh manusia harus diatur secara manual. Berdasarkan pada pengalaman ditempat umum atau dirumah sakit, banyak yang mengeluhkan kondisi tidak nyaman tersebut dikarenakan suhu AC yang tidak sesuai dengan keinginan mereka.

Faktor yang mempengaruhi perubahan pada tubuh manusia salah satunya adalah lingkungannya, sehingga kulit tubuh akan menyesuaikan dengan kondisi suhunya tersebut hingga batas kemampuannya. Ketika suhu luar terlalu dingin atau terlalu panas akan terjadi pertukaran panas dengan suhu tubuh manusia. Terdapat beberapa penyakit yang diakibatkan oleh kelainan suhu tubuh atau diakibatkan oleh paparan suhu lingkungan. Tubuh manusia normal berkisar 36.5-37.5°C dengan suhu ruangan yang nyaman berkisar 21-27°C menurut laporan triwulan Biro Kesehatan PT. Pupuk Kujang.

Untuk menciptakan kondisi yang nyaman, pengaturan secara otomatis suhu AC berdasarkan pada suhu tubuh manusia saat itu dapat menjadi solusi, dimana AC akan membaca dan menyesuaikan suhunya dengan suhu pada manusia tersebut. Apabila individu memiliki suhu tubuh normal maka suhu akan diset menjadi kondisi yang nyaman yaitu antara 21-27°C. Apabila suhu yang terdeteksi lebih tinggi dari suhu normal maka suhu AC akan menurun, sedangkan ketika suhu yang terdeteksi lebih rendah dari suhu normal maka suhu AC akan meningkat. Sehingga tidak akan ada lagi keluhan mengenai ketidaknyamanan yang mereka rasakan seperti pada umumnya.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana pembacaan suhu tubuh ?
- b. Bagaimana cara memodifikasi remote AC untuk melakukan proses otomatisasi pada AC ?
- c. Bagaimana pengaturan suhu AC yang sesuai dengan suhu tubuh ?

1.3 Tujuan

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain sistem yang dapat melakukan otomatisasi suhu pada AC berdasarkan pada suhu tubuh yang terbaca pada saat itu menggunakan sensor *thermopile*. Hasil yang diharapkan adalah fuzzy logic dapat menyesuaikan kondisi suhu AC sesuai dengan suhu tubuh pasien.

1.4 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir, permasalahan di atas dibatasi dengan asumsi sebagai berikut :

- a. Jumlah orang yang dideteksi dibatasi satu orang pada satu ruangan.
- b. Sensor *thermopile* yang digunakan adalah tipe TS118-3.
- c. Input fuzzy logic adalah suhu tubuh dan suhu AC, untuk output adalah jumlah perubahan derajat pada suhu AC.

1.5 Metodologi

Langkah-langkah yang dikerjakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Studi Literatur.
 - Mempelajari prinsip kerja sensor *thermopile* dalam melakukan pembacaan inframerah dan konversi ke satuan suhu.
 - Mempelajari pemrograman menggunakan *Codevision AVR*.
- b. Perencanaan dan pembuatan perangkat keras
 - Menyediakan minimum sistem ATmega 16.
 - Merancang rangkaian pendukung untuk sensor *thermopile*.
 - Merancang desain modifikasi remote ac.
- c. Perencanaan dan pembuatan perangkat lunak, meliputi :

- Perencanaan dan pembuatan program untuk membaca hasil dari sensor *thermopile* pada ATmega 16.
- Perencanaan dan pembuatan program fuzzy logic untuk mengatur perubahan suhu pada ac.
- d. Integrasi perangkat keras dengan perangkat lunak
 - Penggabungan sistem hardware yang mengambil data dari pembacaan sensor dan software yang digunakan untuk mengatur suhu pada ac secara otomatis.
- e. Pengujian dan analisa
 - Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat. Dengan parameter keberhasilannya adalah dapat merubah suhu sesuai dengan keadaan yang telah ditentukan.
 - Apabila hasil yang diperoleh dari tahap pengujian terjadi ketidaksesuaian pada alat yang telah dibuat atau mungkin kurang memuaskan secara bentuk dan ketelitian penyelesaian, maka perlu diadakan evaluasi pada software dan hardware serta sistem secara keseluruhan. Kemudian dilakukan pengujian ulang sampai parameter keberhasilan telah dicapai.
- f. Penulisan buku Tugas Akhir

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam buku Tugas Akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang dibuat terbagi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

❖ BAB I : PENDAHULUAN

Pada bagian ini menjelaskan beberapa sub bagian yang antara lain berisi Latar Belakang, Permasalahan, Tujuan, Batasan Masalah, Metodologi, Sistematika Penulisan, dan penulisan Tugas Akhir ini.

❖ BAB II : TEORI PENUNJANG

Pada bagian ini berisi tentang landasan teori yang digunakan dalam pelaksanaan Tugas akhir yang meliputi Regulasi Suhu Tubuh Sensor Thermopile, , Fuzzy Logic, dan Mikrokontroler ATmega16. Bagian ini memaparkan tentang beberapa teori penunjang dan beberapa literatur yang berguna bagi pembuatan Tugas Akhir ini.

❖ BAB III : PERENCANAAN SISTEM

Pada bagian ini berisi tentang algoritma kerja program dan pemodelan sistem pengaturan suhu ruangan ke dalam perangkat lunak yang berguna dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

❖ BAB IV : PENGUJIAN ALAT

Pada bagian ini akan menjelaskan tentang cara kerja sistem pengaturan suhu ruangan dan hasil uji coba sistem beserta analisisnya.

❖ BAB V : PENUTUP

Bagian ini merupakan bagian akhir yang berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini, serta saran-saran untuk pengembangannya.

1.7 Relevansi

Pembuatan Sistem Pengaturan Suhu Ruangan dengan sensor thermopile merupakan salah satu langkah pengembangan dari alat elektronik ac pada bidang industri, sehingga dapat membantu perkembangan ac dalam kemampuan menyesuaikan suhu ac berdasarkan pada suhu tubuh manusia.

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Regulasi Suhu Tubuh

Suhu jaringan dalam tubuh (*core temperature*) tetap konstan dalam kisaran $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ meskipun suhu lingkungan berfluktuasi tajam. Suhu tubuh normal rata-rata diperkirakan antara $36,5^{\circ}\text{C}$ dan 37°C jika diukur melalui mulut [3].

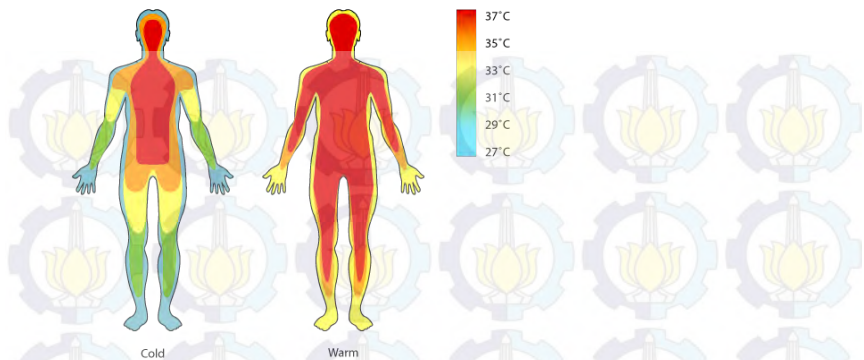
Biasanya, nilai normal untuk suhu oral manusia adalah 37°C , tetapi pada sebuah penelitian besar terhadap orang-orang muda normal, suhu oral pagi hari rata-rata adalah $36,7^{\circ}\text{C}$ dengan simpang baku $0,2^{\circ}\text{C}$. Suhu rectum dapat mencerminkan suhu pusat tubuh. Suhu oral pada keadaan normal $0,5^{\circ}\text{C}$ lebih rendah daripada suhu rectum, tetapi suhu ini dipengaruhi oleh banyak factor, termasuk makanan/minuman panas atau dingin, mengunya permen karet, merokok, dan bernafas melalui mulut.

Dalam tubuh, panas dihasilkan oleh gerakan otot asimilasi makanan dan oleh semua proses vital yang berperan dalam tingkat metabolisme basal. Panas dikeluarkan tubuh melalui radiasi, konduksi, dan penguapan air di saluran pernapasan dan kulit. Sejumlah panas juga dikeluarkan melalui urine dan feses. Keseimbangan antara pembentukan dan pengeluaran panas menentukan suhu tubuh.

Menurut Guyton dan Hall, pengeluaran panas terjadi melalui :

- a) Radiasi menyebabkan pengeluaran panas dalam bentuk berkas infra merah
- b) Pengeluaran panas secara konduksi terjadi melalui kontak langsung dengan suatu benda
- c) Pengeluaran panas secara konveksi terjadi karena gerakan udara
- d) Penguapan adalah mekanisme penting pengeluaran panas ketika suhu sangat tinggi

Area preoptik dari hipotalamus memiliki kemampuan yang berfungsi sebagai termostatik pusat pengaturan suhu tubuh. Walaupun sinyal yang ditimbulkan oleh reseptor suhu di hipotalamus sangat kuat dalam mengatur suhu tubuh, reseptor suhu di bagian lain dari tubuh mempunyai peranan tambahan dalam pengaturan suhu. Suhu inti tubuh, sekitar $37,1^{\circ}\text{C}$ atau $36,5^{\circ}\text{C}$ sampai $37,5^{\circ}\text{C}$, disebut *set point* [3]. Pemetaan suhu pada tubuh manusia ditunjukkan oleh gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pemetaan Suhu Pada Tubuh Manusia

2.1.1 Mekanisme Tubuh Ketika Suhu Meningkat

1. Vasodilatasi

Vasodilatasi pembuluh darah perifer hamper dilakukan pada semua area tubuh. Vasodilatasi ini disebabkan oleh hambatan dari pusat simpatis pada hipotalamus posterior yang menyebabkan vasokonstriksi sehingga terjadi vasodilatasi yang kuat pada kulit, yang memungkinkan percepatan pemindahan panas dari tubuh ke kulit hingga delapan kali lipat lebih banyak.

2. Berkeringat

Pengeluaran keringat melalui kulit terjadi sebagai efek peningkatan suhu yang melebihi batas kritis, yaitu 37 °C. pengeluaran keringat menyebabkan peningkatan pengeluaran panas melalui evaporasi. Peningkatan suhu tubuh sebesar 1 °C akan menyebabkan pengeluaran keringat yang cukup banyak sehingga mampu membuang panas tubuh yang dihasilkan metabolisme basal 10 kali lebih besar. Pengeluaran keringat merupakan salah satu mekanisme tubuh ketika suhu melampaui ambang kritis. Pengeluaran keringat dirangsang oleh pengeluaran impuls di area preoptik anterior hipotalamus melalui saraf simpatis ke seluruh kulit tubuh kemudian menyebabkan rangsangan pada sar kolinergic kelenjar keringat, yang merangsang produksi keringat. Kelenjar keringat juga dapat mengeluarkan keringat karena rangsangan dari epinefrin dan norepinefrin.

3. Penurunan pembentukan panas

Beberapa mekanisme pembentukan panas, seperti termogenesis kimia dan menggigil dihambat dengan kuat.

2.1.5 Mekanisme Tubuh Ketika Suhu Menurun

1. Vasokonstriksi kulit di seluruh tubuh

Vasokonstriksi terjadi karena rangsangan pada pusat simpatis hipotalamus posterior.

2. Piloereksi

Rangsangan simpatis menyebabkan otot erector pili yang melekat pada folikel rambut berdiri. Mekanisme ini tidak penting pada manusia, tetapi pada binatang tingkat rendah, berdirinya bulu ini akan berfungsi sebagai isolator panas terhadap lingkungan.

3. Peningkatan pembentukan panas

Pembentukan panas oleh system metabolisme meningkat melalui mekanisme menggigil, pembentukan panas akibat rangsangan simpatis, serta peningkatan sekresi tiroksin.

2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Suhu Tubuh

1. Kecepatan metabolisme basal

Kecepatan metabolisme basal tiap individu berbeda-beda. Hal ini member dampak jumlah panas yang diproduksi tubuh menjadi berbeda pula.

2. Rangsangan saraf simpatis

Rangsangan saraf simpatis dapat menyebabkan kecepatan metabolisme menjadi 100% lebih cepat. Disamping itu, rangsangan saraf simpatis dapat mencegah lemak coklat yang tertimbun dalam jaringan untuk dimetabolisme. Hampir seluruh metabolisme lemak coklat adalah produksi panas. Umumnya, rangsangan saraf simpatis ini dipengaruhi stress individu yang menyebabkan peningkatan produksi epineprin dan norepineprin yang meningkatkan metabolisme.

3. Hormone pertumbuhan

Hormone pertumbuhan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme sebesar 15-20%. Akibatnya produksi panas tubuh juga meningkat.

4. Hormone tiroid

Fungsi tiroksin adalah meningkatkan aktivitas hampir semua reaksi kimia dalam tubuh sehingga peningkatan kadar tiroksin dapat mempengaruhi laju metabolisme menjadi 50-100% di atas normal.

5. Hormone kelamin

Hormone kelamin pria dapat meningkatkan kecepatan metabolisme basal kira-kira 10-15% kecepatan normal, menyebabkan peningkatan produksi panas. Pada perempuan, fluktuasi suhu lebih bervariasi daripada laki-laki karena pengeluaran hormone progesterone pada masa ovulasi meningkatkan suhu tubuh sekitar 0,3-0,6 °C di atas suhu basal.

6. Demam

Proses peradangan dan demam dapat menyebabkan peningkatan metabolisme sebesar 120% untuk tiap peningkatan suhu 10 °C.

7. Status gizi

Malnutrisi yang cukup lama dapat menurunkan kecepatan metabolisme 20-30%. Hal ini terjadi karena didalam sel tidak ada zat makanan yang dibutuhkan untuk mengadakan metabolisme. Dengan demikian, orang yang mengalami malnutrisi mudah mengalami penurunan suhu tubuh. Selain itu, individu dengan lapisan lemak merupakan isolator yang cukup baik, dalam arti lemak menyalurkan panas dengan kecepatan sepertiga kecepatan jaringan lainnya.

8. Aktivitas

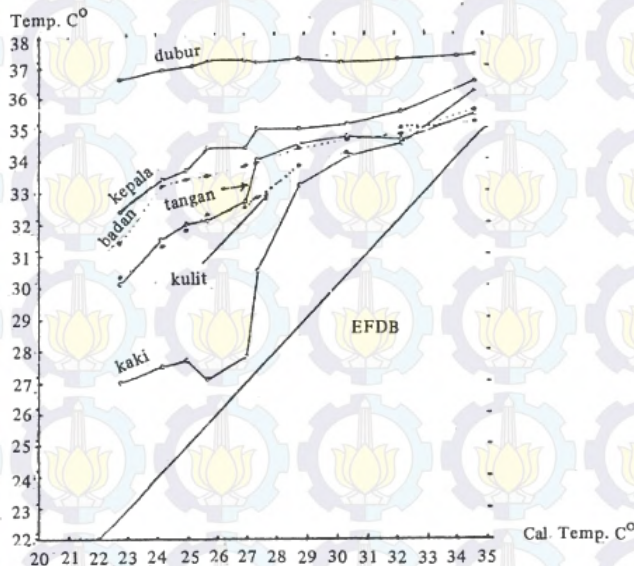
Aktivitas selain merangsang peningkatan laju metabolisme, mengakibatkan gesekan antar komponen otot/organ yang menghasilkan energy thermal. Latihan dapat meningkatkan suhu tubuh hingga 38,3-40 °C.

9. Gangguan organ

Kerusakan organ seperti trauma atau keganasan pada hipotalamus, dapat menyebabkan mekanisme regulasi suhu tubuh mengalami gangguan. Berbagai zat pirogen yang dikeluarkan pada saat terjadi infeksi dapat merangsang peningkatan suhu tubuh. Kelainan kulit berupa jumlah kelenjar keringat yang sedikit juga dapat menyebabkan mekanisme pengaturan suhu tubuh terganggu.

10. Lingkungan

Suhu tubuh dapat mengalami pertukaran dengan lingkungan, artinya panas tubuh dapat hilang atau berkurang akibat lingkungan yang lebih dingin. Begitu juga sebaliknya, lingkungan dapat mempengaruhi suhu tubuh manusia. Perpindahan suhu antara manusia dan lingkungan terjadi sebagian besar melalui kulit. Proses kehilangan panas melalui kulit dimungkinkan karena panas diedarkan melalui pembuluh darah dan juga disuplai langsung ke fleksus arteri kecil melalui anastomosis arteriovenosa yang mengandung banyak otot. Kecepatan aliran dalam fleksus arteriovenosa yang cukup tinggi (kadang mencapai 30% total curah jantung) akan menyebabkan konduksi panas dari inti tubuh ke kulit menjadi sangat efisien. Dengan demikian, kulit merupakan radiator panas yang efektif untuk keseimbangan suhu tubuh.



Hasil percobaan temperatur basal kulit dan dubur pada keadaan temp. lingkungan :
DuBoir, Bull. N.Y. Acad. Med., 1939, 75:143-173.

Gambar 2.2 Hasil percobaan temperature basal kulit dan dubur pada keadaan temperature lingkungan

Tabel 2.1 Pengaruh temperature terhadap tubuh

Temperatur	Keterangan
$\pm 49^{\circ}\text{C}$	Dapat tahan sekitar 1 jam tetapi jauh diatas tingkat kemampuan fisik dan mental
$\pm 30^{\circ}\text{C}$	Aktifitas mental dan daya tangkap mulai menurun dan cenderung untuk membuat kesalahan dalam bekerja dan menimbulkan kelelahan fisik
$\pm 24^{\circ}\text{C}$	Kondisi optimum
$\pm 10^{\circ}\text{C}$	Kelelahan fisik yang ekstrem mulai muncul

Berdasarkan pada tabel 2.1 menurut penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa pascasarjana Teknik Industri ITS, Sandy Yudha Guntara tentang Dampak Suhu Bagi Tubuh Manusia [14], dapat diketahui bahwa manusia memiliki kondisi optimum yang nyaman pada temperatur ruangan $\pm 24^{\circ}\text{C}$. Laporan Triwulan Biro Kesehatan PT. Pupuk Kujang mengatakan bahwa temperature ruangan yang berada dalam kondisi nyaman berada pada kisaran $21\text{--}27^{\circ}\text{C}$ untuk individu dengan suhu tubuh normal.



Gambar 2.3 Keseimbangan antara produksi panas dan pengeluaran panas

2.1.4 Mekanisme Kehilangan Panas Melalui Kulit

1. Radiasi

Radiasi adalah mekanisme kehilangan panas tubuh dalam bentuk gelombang panas inframerah. Gelombang inframerah yang dipancarkan dari tubuh memiliki panjang gelombang 5-20 um. Tubuh manusia memancarkan gelombang inframerah ke segala oenjuru tubuh.

2. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas akibat paparan langsung kulit dengan benda-benda yang ada di sekitar tubuh. Biasanya proses kehilangan panas dengan mekanisme konduksi sangat kecil. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3

3. Evaporasi

Evaporasi (penguapan air dari kulit) dapat memfasilitasi perpindahan panas tubuh. Setiap satu gram air yang mengalami evaporasi akan menyebabkan kehilangan panas tubuh sebesar 0,58 kkl. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3

4. Usia

Umur sangat mempengaruhi metabolisme tubuh akibat mekanisme hormonal sehingga member efek tidak langsung terhadap suhu tubuh. Pada neonates dan bayi, terdapat mekanisme pembentukan [anas melalui pemecahan (metabolisme) lemak coklat sehingga terjadi proses termogenesis tanpa menggigil. Secara umum, proses ini mampu meningkatkan metabolisme hingga lebih dari 100%. Pembentukan panas melalui mekanisme ini dapat terjadi karena pada neonates banyak terdapat lemak coklat. Mekanisme ini sangat penting untuk mencegah hipotermi pada bayi.

2.1.5 Cara Pencegahan Menurut K3

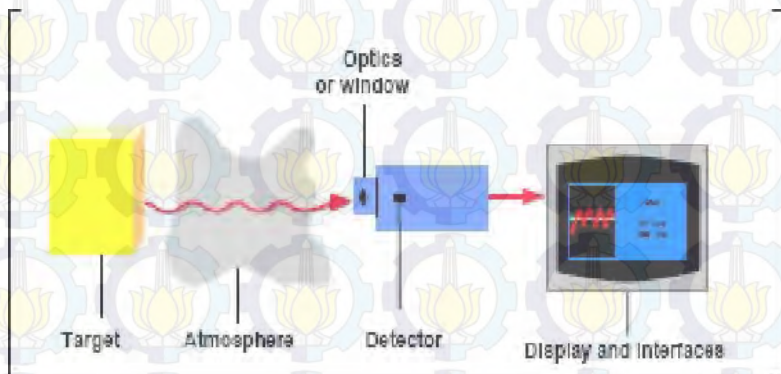
Cara pencegahan tekanan panas menurut Pengawasan K3 lingkungan, Departemen tenaga kerja dan transmigrasi R.I., dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain:

1. Memperbaiki aliran udara atau sistem ventilasi yang lebih sempurna.
2. Mereduksi tekanan panas dilingkungan kerja yang ada sumber panasnya, sehingga diperoleh efisiensi kerja yang baik.
3. Penerapan teknologi pengendalian untuk menurunkan suhu basah dibawah nilai ambang batas.

4. Penggunaan teknis perlindungan agar tenaga kerja tidak terpapar terhadap tekanan panas dan pemeliharaan kesehatan jasmani tenaga kerja.
5. Penyediaan air minum yang cukup untuk keseimbangan cairan tubuh.
6. Penyesuaian berat ringan pekerjaan.

2.2 Termometer Inframerah

Termometer inframerah mengukur suhu menggunakan radiasi kotak hitam yang dipancarkan oleh objek. Kadang disebut dengan thermometer laser jika menggunakan laser atau thermometer non kontak untuk menggambarkan kemampuan alat mengukur suhu dari jarak jauh tanpa melakukan kontak dengan objek. Temperature objek dapat dibedakan dengan cara mengetahui jumlah energy inframerah yang dipancarkan oleh objek dan emisinya. aliran proses sistem pengukuran inframerah ditunjukkan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Aliran Proses Sistem Pengukuran Inframerah

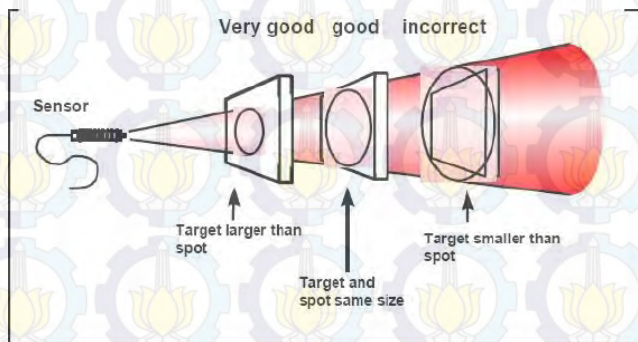
Termometer inframerah memiliki desain yang terdiri dari lensa fokus energi inframerah pada *detector*nya, yang mengubah energi menjadi sinyal elektrik yang bias ditunjukkan dalam unit temperatur setelah disesuaikan dengan variasi temperatur lingkungan.

Sistem optik thermometer inframerah menangkap energi inframerah yang dipancarkan objek melalui *circular measurement spot* dan memfokuskannya pada *detector*. Target harus menempati spot ini, jika tidak, thermometer inframerah akan mendeteksi radiasi inframerah lainnya sehingga nilai pengukuran menjadi tidak akurat.

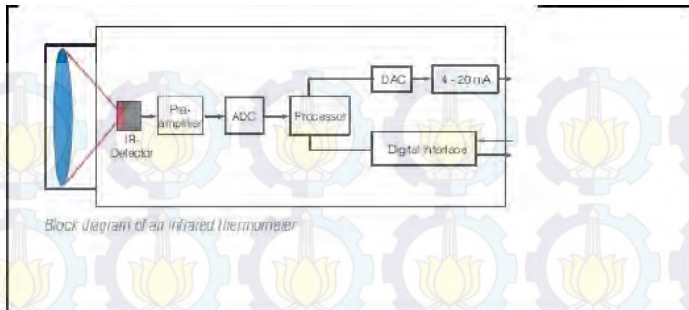
Bentuk *detector* merupakan inti dari thermometer inframerah. *Detector* mengubah radiasi inframerah yang diterima menjadi sinyal listrik yang kemudian dipancarkan sebagai nilai temperatur oleh sistem elektronik. *Detector* inframerah dibagi menjadi 2 kelompok utama yakni detektor quantum dan detektor termal.

Detektor termal mengubah temperature berdasarkan pada radiasi tumbukan. Pada detektor termal peristiwa radiasi diserap sebagai panas, kenaikan temperature menghasilkan sinyal keluaran yang menyerap semua panjang gelombang, respon spectral menjadi terbatas akibat transmisi ke sistem optik. Perbedaan antara detektor quantum dan detektor termal adalah reaksi cepat pada radiasi yang diserap.

Detektor quantum bekerja berdasarkan efek foto. Foton tertahan dari radiasi inframerah menuju peningkatan electron ke level energi tinggi didalam material semikonduktor. Elemen sensitif pada detector termal berubah relatif lambat. Konstanta waktu detektor termal biasanya lebih besaar daripada konstanta waktu detektor quantum.



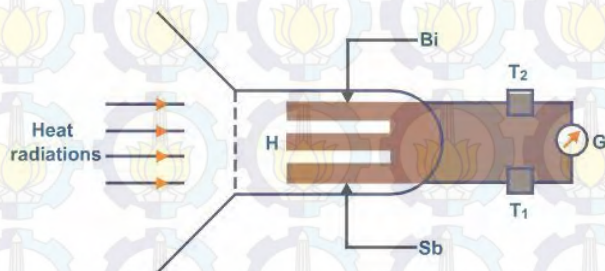
Gambar 2.5 Perbandingan Spot dan Target untuk pengukuran



Gambar 2.6 Diagram Blok Termometer Inframerah

2.3 Thermopile

Thermopile adalah alat elektronik yang mengubah energi panas menjadi energi listrik [8] seperti pada gambar 2.7. Biasanya *thermopile* disusun atas beberapa *thermocouple* yang disusun secara seri atau yang kurang umum secara parallel. *Thermopile* digunakan untuk memberikan respon kedalam temperatur sebagai bagian dari alat pengukur suhu. Sama seperti infrared thermometer, biasanya *thermopile* digunakan didalam bidang medis untuk mengukur suhu tubuh. Sensor suhu ini mengukur suhu berdasarkan prinsip pengukuran suhu radiasi inframerah. Radiasi inframerah merupakan radiasi gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 0,7um hingga 300um yang dapat memancarkan panas pada suhu tertentu. Sensor suhu *thermopile* digunakan untuk pengukuran non-kontak [16].



Gambar 2.7 Thermopile

Prinsip kerja *thermocouple* berdasarkan pada *seebeck effect*; dengan demikian, jumlah dari potensi listrik yang dihasilkan dapat diinterpolasi sebagai pengukuran terhadap perbedaan temperature. Beberapa pasang dari elemen *thermocouple* memberikan tegangan *seebeck* yang bermacam-macam dalam cara mengantisipasi dengan suhu. *Thermocouple* dalam penggunaan umumnya memiliki karakteristik *temperature-emf* yang mendekati linier. Segera setelah kalibrasi kurva *thermocouple* didapatkan, dengan mempertahankan salah satu *junction* dan dijagapada suhu yang ditentukan. *Junction* dipertahankan pada suhu yang diketahui yang disebut referensi *junction* ketika yang lainnya disebut *active junction*.

Untuk *thermocouple* ideal, tegangan *open-circuit* yang didapatkan adalah proporsional terhadap perbedaan suhu antara konstruksi *junctions* dari konduktor A dan B,

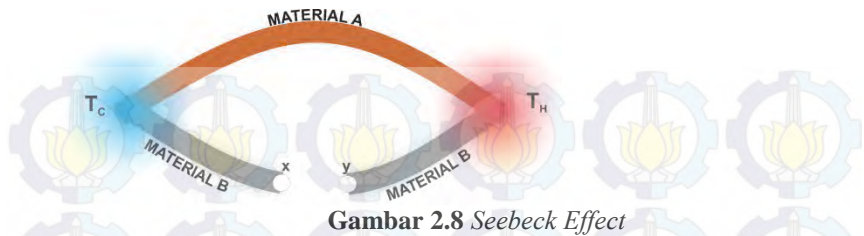
$$\Delta V = S_{AB}(T)\Delta T, \quad (1)$$

Dimana S_{AB} adalah koefisien *seebeck*, diekspresikan dalam $\mu\text{V/K}$. koefisien ini bergantung tidak hanya pada suhu, tetapi juga pada pilihan dari kedua material yang digunakan dalam *thermocouple*. sebuah isyarat diserahkan kepada koefisien *seebeck* menurut tanda dari perbedaan potensial yang dihubungkan terhadap perbedaan suhu. Bagaimanapun, hal tersebut lebih nyaman untuk bekerja dengan nilai yang pasti. Besaran dari koefisien *seebeck* dari *junction* dihitung sebagai nilai pasti dari perbedaan antara koefisien *seebeck* pada masing-masing metal, yaitu,

$$S_{AB} = |S_A - S_B| \quad (2)$$

Karena tegangan dihasilkan ketika perbedaan suhu terjadi antara dua *junction* pada *thermocouple* seperti pada gambar 2.8, *thermocouple* dapat digunakan sebagai detektor radiasi. Dalam *open-circuit* emf yang dihasilkan biasanya rendah, $10\mu\text{V}$ per derajat *celcius* pada perbedaan temperature untuk satu pasang *junction*. Dengan tujuan meningkatkan tegangan *output*, beberapa pasang *junction* disusun seri.

Efek *seebeck* merupakan efek yang terjadi apabila dua buah logam yang berbeda disambungkan salah satu ujungnya, kemudian diberikan suhu yang berbeda pada sambungan, maka terjadi perbedaan tegangan pada ujung yang satu dengan ujung yang lain.



2.4 Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler, sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, yaitu teknologi *semiconductor* dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang kecil serta dapat diproduksi secara masal (dengan jumlah banyak) membuat harga menjadi murah dibandingkan mikroprosesor [12]. Tidak seperti sistem komputer, yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi, mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi tertentu saja (hanya satu program saja yang disimpan).

Perbedaan lainnya terletak pada perbandingan RAM dan ROM. Pada sistem komputer perbandingan RAM dan ROM-nya besar, artinya

program-program pengguna disimpan dalam ruang RAM yang relative besar. Sedangkan pada mikrokontroler, perbandingan ROM dan RAM-nya yang besar, artinya program dikontrol disimpan dalam ROM (bisa *Masked ROM* atau *Flash PEROM*) yang ukurannya relative lebih besar, dan RAM digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara, termasuk *register-register* yang digunakan pada mikrokontroler yang bersangkutan.

Adapun kelebihan dari mikrokontroler adalah sebagai berikut:

1. Penggerak pada mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *assembly* dengan berpatokan pada kaidah digital dasar sehingga pengoperasian system menjadi sangat mudah dikerjakan sesuai dengan logika sistem.
2. Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan sistem kontrol sehingga mikrokontroler dapat dikatakan komputer mini.
3. Sistem running bersifat berdiri sendiri tanpa tergantung komputer.
4. Tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori dan I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.
5. Harga lebih murah.

Salah satu contoh pengenalan mikrokontroler adalah AVR yang merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt* internal dan eksternal, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega 16 termasuk anggota ATMEL, ATmega 16 mempunyai throughput mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

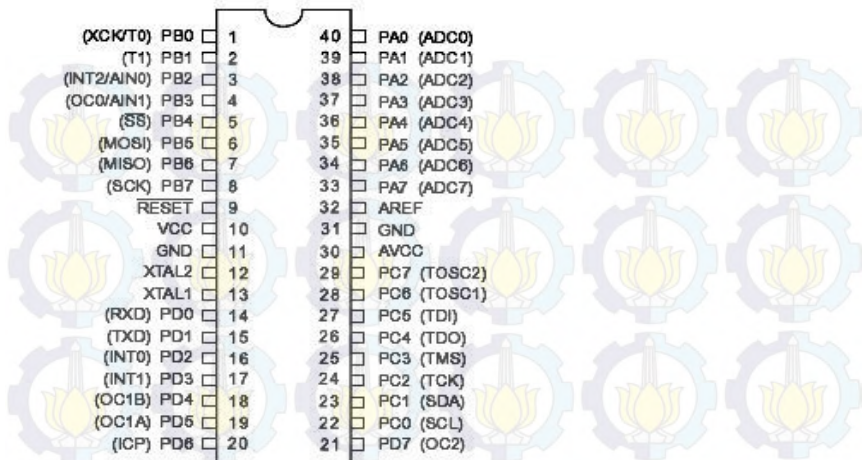
2.4.1 Bahasa Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16

Pengembangan sebuah system menggunakan mikrokontroler AVR buatan ATMEL menggunakan *software* AVR STUDIO dan CodeVision AVR. AVR STUDIO merupakan *software* khusus untuk bahasa *assembly* yang mempunyai fungsi sangat lengkap, yaitu

digunakan untuk menulis program, kompilasi, simulasi dan *download* program ke IC mikrokontroler AVR. Sedangkan CodeVision AVR merupakan *software C-cross compiler*, dimana program dapat ditulis dalam bahasa C, CodeVision memiliki IDE (*Integrated Development Environment*) yang lengkap, dimana penulisan program, *compile*, *link*, pembuatan kode mesin (*assembler*) dan *download* program ke *chip* AVR dapat dilakukan pada CodeVision, selain itu ada fasilitas terminal, yaitu untuk melakukan komunikasi serial dengan mikrokontroler yang sudah diprogram. Proses *download* ke IC mikrokontroler AVR dapat menggunakan *system download* secara ISP (*In-system programming*).

ISP *flas on-chip* mengizinkan memori program untuk deprogram ulang dalam system menggunakan hubungan serial SPI. Pin-pin pada ATmega16 dengan kemasan 40 pin DIP (*dual in line package*) ditunjukkan oleh gambar. AVR menggunakan arsitektur Harvard (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data). Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega16 antara lain:

1. Arsitektur RISC dengan Throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz.
2. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
3. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
4. User interupsi internal dan eksternal.
5. Antarmuka SPI dan USART sebagai komunikasi serial.
6. Fitur Peripheral.
7. Dua buah 8 bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare.
8. Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare dan mode capture.
9. Real time counter dengan osilator tersendiri.
10. Empat kanal PWM dan antarmuka komparator analog.
11. 8 kanal, 10 bit ADC.

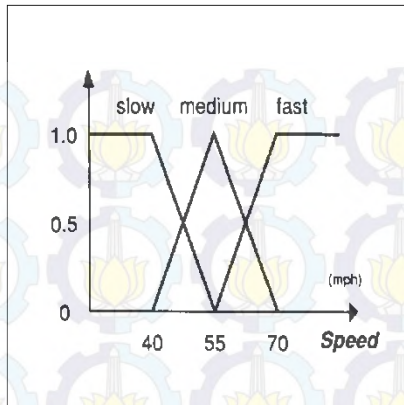


Gambar 2.10 Pin-pin ATMega16

2.5 Fuzzy Logic

Logika fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1), logika fuzzy menggantikan kebenaran Boolean dengan tingkat kebenaran [3].

Logika fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti 'sedikit', 'lumayan', dan 'sangat'. Logika ini berhubungan dengan himpunan fuzzy dan teori kemungkinan. Logikak fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari universitas California, barkeley pada 1965.



Gambar 2.11 Contoh logika fuzzy

Logika fuzzy dan logika probabilitas secara matematis sama, keduanya mempunyai nilai kebenaran yang berkisar antara 0 dan 1, namun secara konsep berbeda. Logika fuzzy berbicara mengenai ‘derajat kebenaran’, sedangkan logika probabilitas mengenai ‘probabilitas, kecenderungan’. Karena kedua hal itu berbeda, logika fuzzy dan logika probabilitas mempunyai contoh penerapan dalam dunia nyata yang berbeda.

Fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy dinyatakan dengan derajat keanggotaan suatu nilai dengan nilai tegasnya yang berkisa antara 0,0 sampai dengan 1,0. Jika A : himpunan fuzzy, μ_A : fungsi keanggotaan dan X : semesta, maka fungsi keanggotaan dalam suatu himpunan fuzzy dapat dinyatakan dengan :

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}$$

Fungsi keanggotaan suatu himpunan fuzzy dapat ditentukan dengan fungsi segitiga atau trapezium.

1. Fungsi segitiga :

$$\mu_x = \begin{cases} 0, & \text{for } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{for } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{for } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{for } x > c \end{cases}$$

2. Fungsi trapezium :

$$\mu_x = \begin{cases} 0, & \text{for } x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{for } a \leq x \leq b \\ 1, & \text{for } b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{for } c \leq x \leq d \\ 0, & \text{for } d \leq x \end{cases}$$

2.6 Regresi linier

Analisa regresi linier sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variable independen (X) dengan variable dependen (Y) [10]. analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variable dependen apakah positif atau negative dan untuk memprediksi nilai dari variable dependen apabila nilai variable independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio. Rumus regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Dimana Y merupakan variable yang diprediksikan, X adalah variable independen, a adalah konstanta dan b adalah koefisien regresi yang berupa nilai.

Regresi Linier sederhana adalah regresi yang hanya memiliki satu variable dependent (X) dan satu variable independent (Y). pada analisis regresi terdapat dua jenis variable, yaitu variable bebas sebagai

predictor dan variable terikat. Variable bebas sering dinotasikan dengan $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots$ dan seterusnya. Sedangkan variable terikat dinotasikan dengan Y .

Koefisien b dinamakan koefisien arah regresi linier yang menyatakan perubahan rata-rata variable Y untuk setiap perubahan variabel X sebesar satu satuan. Perubahan tersebut meruokan penambahan apabila nilai b bertanda positif (+) dan pengurangan jika nilai b bertanda negatif (-).

Berikut ini adalah Langkah-langkah dalam melakukan Analisis Regresi Linear Sederhana :

- Tentukan Tujuan dari melakukan Analisis Regresi Linear Sederhana
- Identifikasikan Variabel Faktor Penyebab (Predictor) dan Variabel Akibat (Response)
- Lakukan Pengumpulan Data
- Hitung X^2, Y^2, XY dan total dari masing-masingnya
- Hitung a dan b berdasarkan rumus diatas.
- Buat Model Persamaan Regresi Linear Sederhana.
- Lakukan Prediksi atau Peramalan terhadap Variabel Faktor Penyebab atau Variabel Akibat.

2.7 Remote AC

Remote merupakan suatu perangkat elektronik yang digunakan untuk mengendalikan perangkat lain dari jarak jauh. Sebuah system remote control terdiri dari beberapa bagian, yaitu :

1. Transmitter (Pengirim Sinyal)
Alat ini berfungsi ntuk mengirimkan istruksi ke peralatan elektronika. Berbentuk LED sinar inframerah yang berada di pesawat remote control.
2. Panel Remote Control
Panel ini berisi sejumlah tombol di pesawat remote control. Setiap tombol memiliki fungsi yang berbeda-beda. Bentuk panel ini tergantung dari jenis alat yang dikendalikannya.
3. Rangkaian remote
Setiap pesawat remote control memiliki integrated circuit didalamnya. Fungsinya untuk membaca tombol yang ditekan pengguna kemudian membangkitkan transmitter

untuk mengirimkan sinyal dengan pola sesuai tombol yang ditekan.

4. Receiver (Penerima Sinyal)

Komponen yang digunakan adalah fototransistor inframerah. Berfungsi untuk mendeteksi pola sinyal yang dikirimkan remote control.

Cara kerja remote control mirip dengan cara kerja sandi morse melalui mesin telegraf. Prinsip kerja remote control sangatlah sederhana, sinyal sinar infra merah dipancarkan dari pemancar remote control membentuk pola sinyal tertentu. Selanjutnya pola sinyal tersebut akan diterima oleh peralatan elektronik, lalu pola sinyal tersebut akan diterjemahkan menjadi instruksi tertentu.



Gambar 2.12 Remote AC

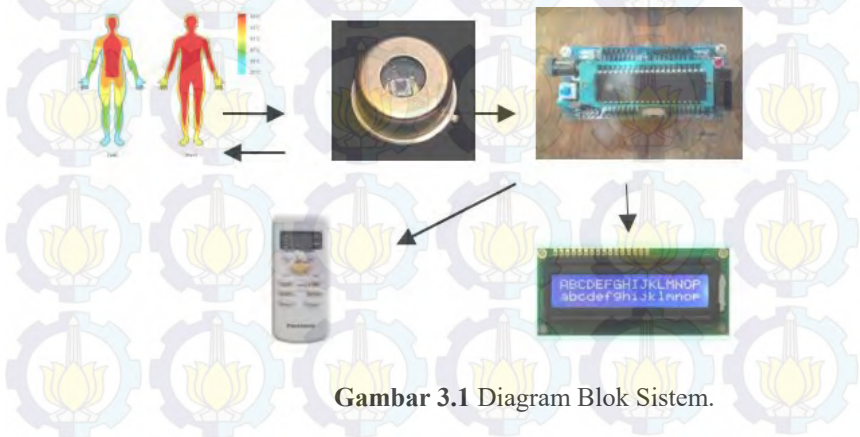
BAB III

PERENCANAAN SISTEM

Pada tugas akhir ini, sistem pendeteksian dan pembacaan sensor pada suhu tubuh dirancang dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pengolah data sensor yang menggunakan kaidah logika *fuzzy*. Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 3.1.

Cara kerja keseluruhan sistem adalah:

- Sensor *thermopile* membaca dan mendeteksi suhu pada tubuh manusia.
- Hasil pembacaan pada sensor *thermopile* masuk kedalam ADC mikrokontroler ATmega16 untuk diolah.
- Software pada mikrokontroler ATmega16 mengolah masukkan dari sensor *thermopile* dan melakukan proses *fuzzy logic* berdasarkan *rule based* yang telah dibuat sebelumnya.
- Setelah memproses dan mendapatkan hasil berdasarkan *rule based*, mikrokontroler akan mengirim sinyal untuk melakukan pengaturan terhadap remote AC sesuai dengan yang telah diproses.
- Remote AC yang mendapatkan sinyal dari mikrokontroler meneruskannya ke perangkat *air conditioner* untuk merubah suhu *air conditioner* tersebut.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.

3.1 Thermopile TS118-3 Sebagai Sensor thermometer Inframerah

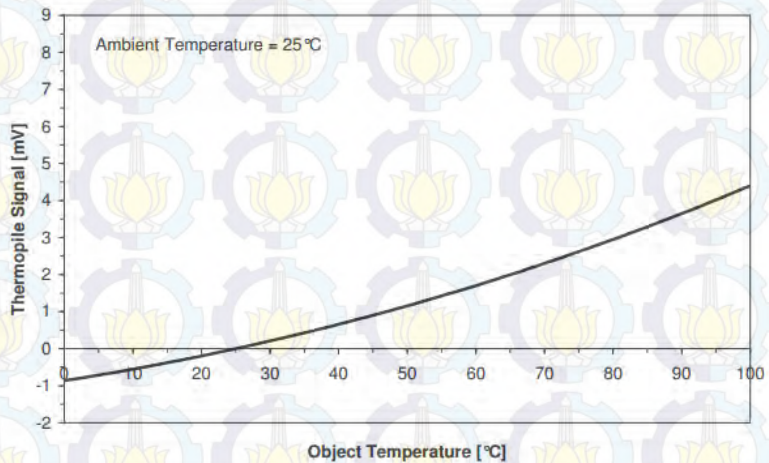
Thermometer inframerah yang digunakan sebagai sensor adalah *thermopile* TS118-3 dengan pengemasan TO-18. *Thermopile* merupakan sensor inframerah non kontak yang mendeteksi energi inframerah yang dipancarkan suatu objek, yang merubah energi inframerah menjadi energy listrik. Sensor ini bekerja berdasarkan pada *seebeck effect*, dimana ketika kedua junction terjadi perbedaan temperature maka akan menghasilkan sinyal listrik. *Thermopile* TS118-3 memiliki fitur sebagai berikut :

- a. *Thermopile silicon single channel*.
- b. Area aktif yang kecil yaitu 0.7mm x 0.7mm.
- c. Memiliki koefisien temperature yang sangat rendah pada responisitivitas $-0.04\%/^{\circ}\text{C}$.
- d. Detector TS118-3 memiliki respon kejut yang sangat rendah terhadap perubahan temperature *ambient*.
- e. Filter Band Pass untuk panjang gelombang 8-14 μm .



Gambar 3.2 *Thermopile* TS118-3.

Thermopile Signal



Gambar 3.3 Sinyal Output *Thermopile*

Sensor inframerah pada sistem ini memiliki *field of view* sebesar 81° dan beroperasi pada temperature -50°C sampai 100°C . *Thermopile* memiliki kemampuan dalam pembacaan temperatur dengan cara non kontak, juga dapat digunakan sebagai sensor untuk melakukan analisa pada gas [13].

Pada perancangan ini, *thermopile* sebagai sensor inframerah diatur posisinya terhadap tubuh. Dimana jarak antara lensa *thermopile* terhadap tubuh dengan jarak sebesar 10 cm.

Tabel 3.1 Spesifikasi *Thermopile* TS1118-3

Parameter	Typical	Condition
Package	TO-18	
Absorber Area	$0.7 \times 0.7 \text{ mm}^2$	
Resistance of Thermopile	$43 \pm 8 \text{ k}\Omega$	$+25^\circ\text{C}$
Field of View	120°	
Filter	$8\text{-}14 \mu\text{m}$	Band Pass
Operation Temperature	$-20 \dots +85^\circ\text{C}$	
Pin 1	TP+	
Pin 2	Ni-RTD	
Pin 3	TP-	
Pin 4	GND	
Thermopile Voltage	$4.4 \pm 1.1 \text{ mV}$	

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Secara garis besar perancangan perangkat keras merupakan modifikasi remote dan rangkaian amplifier untuk sensor *thermopile* yang menggunakan minimum sistem ATmega 16 dengan LCD 16x2 untuk display.

3.2.1 Buffer Amplifier

Rangkaian buffer adalah rangkaian yang menghasilkan tegangan output sama dengan tegangan inputnya. *Thermopile* TS118-3 memiliki keluaran tegangan yang rendah antara 80uV hingga 130uV, karena itu, dibutuhkan penguatan untuk menguatkan tegangan keluar *thermopile* agar dapat terbaca oleh adc internal ATmega 16 yang memiliki range 0-5v.

Rangkaian amplifier *thermopile* menggunakan 2 buah IC op amp, yaitu IC op amp OP07 dan IC instrumentasi amplifier AD620. Op amp OP07 berfungsi sebagai buffer untuk pengkondisian sinyal output *thermopile* agar tidak hilang dikarenakan sinyal output yang sangat kecil dalam orde mikro volt. Sedangkan op amp AD620 digunakan sebagai *inverting amplifier*.

IC OP07 dan IC AD620 memiliki spesifikasi yang baik untuk dapat mendukung sensor yang memiliki keluaran tegangan yang sangat kecil, seperti pada *thermocouple* dan pada aplikasi EOG.

Dengan metode hubung singkat antara jalur input inverting dan jalur output operasional amplifier (op-amp) maka diperoleh perhitungan

matematis. Buffer amplifier memiliki konfigurasi rangkaian yang sama dengan non-inverting amplifier, jika nilai $R_i = 0$ dan $R_f = \infty$, maka

$$Gain = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 1 + \frac{0}{\infty} = 1 \quad (1)$$

Karena $V_{in} = V_+$ dan $V_{out} = V_-$ maka diperoleh:

$$V_+ = V_{in} \quad (2)$$

Karenanya

$$V_- = V_{out} = V_{in} \quad (3)$$

Dan

$$V_- = V_{out} \quad (4)$$

$$V_- = V_{out} = V_{in} \quad (5)$$

Maka didapatkan penguatan untuk buffer amplifier seperti pada persamaan:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 \quad (6)$$

Sehingga nilai tegangan V_{out} :

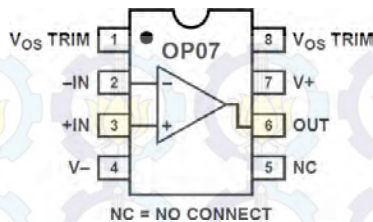
$$V_{out} \approx V_{in} \quad (7)$$

Berikut adalah contoh perhitungan untuk $V_{in} = 100\mu V$, maka didapatkan nilai untuk V_{out} sebagai berikut:

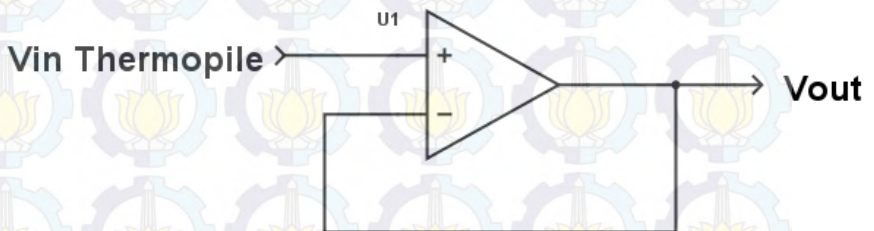
$$V_{out} = V_{in} \quad (8)$$

Maka

$$V_{out} = 100\mu V \quad (9)$$



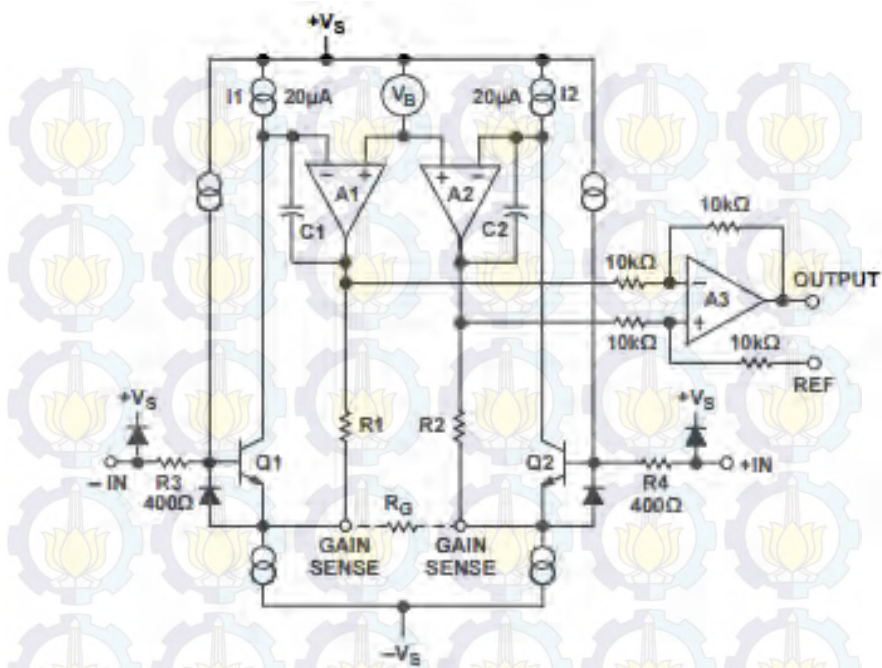
Gambar 3.4 IC Operational amplifier OP07.



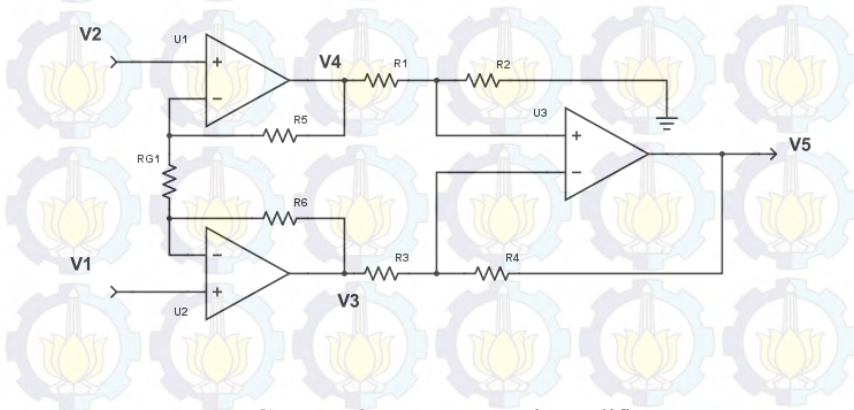
Gambar 3.5 Buffer Amplifier

3.2.2 Instrumentasi Amplifier IC AD620

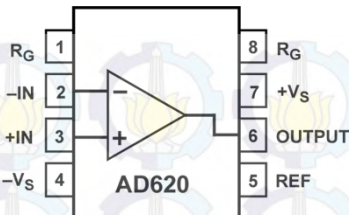
AD620 merupakan instrumentasi amplifier monolitik berdasarkan pada modifikasi dari pendekatan klasik tiga op amp. Pengukuran nilai absolut mengijinkan oengguna untuk memporgram gain dengan akurat dengan hanya satu resistor. Gambar 3.6 merupakan skematik dari IC AD620 dan gambar 3.7 merupakan rangkaian instrumentasi amplifier, dari rangkaian pada gambar 3.7, dapat diturunkan untuk mencari pembuktian pada persamaan gain IC AD620. Persamaan gain IC AD620 tersebut akan dicari menggunakan rangkaian instrumentasi amplifier.



Gambar 3.6 Skematik IC AD620

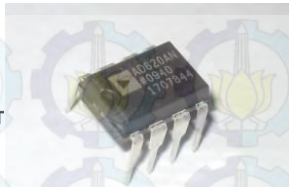


Gambar 3.7 Instrumentasi Amplifier

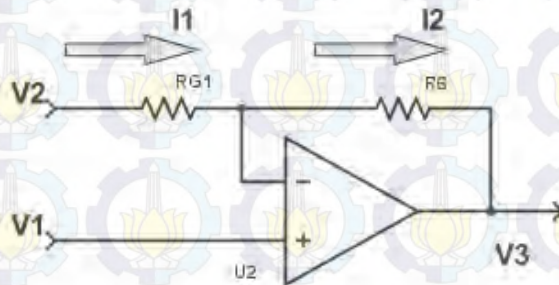


TOP VIEW

Gambar 3.8 IC Instrumentasi Amplifier AD620.



Penguatan yang diberikan pada tegangan keluaran *thermopile* sebesar 5000x, dikarenakan tegangan keluaran sensor yang hanya berkisar pada orde mikro volt. IC AD620 memiliki kemampuan untuk menghasilkan gain hingga sebesar 10000x berdasarkan pada *datasheet*. Gain yang dihasilkan oleh penguat AD620 dihasilkan dari perhitungan yang dimulai dengan pemisahan rangkaian, yaitu 2 rangkaian non inverting dan 1 rangkaian differensial, berikut penurunannya:



Gambar 3.9 Penurunan Stage 1

Pada gambar 3.8, melihat arus yang melewati R_G dan R_6 yaitu I_1 dan I_2 , maka:

$$I_1 = I_2 \quad (1)$$

Didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V_2 - V_1}{R_G} = \frac{V_1 - V_3}{R_6} \quad (2)$$

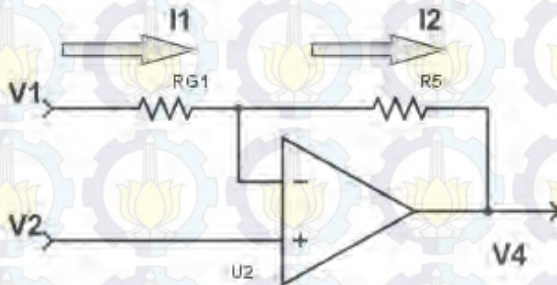
$$(V_2 - V_1) * R_6 = (V_1 - V_3) * R_G \quad (3)$$

$$V_2 * R_6 - V_1 * R_6 = V_1 * R_G - V_3 * R_G \quad (4)$$

$$V_3 * R_G = (R_6 + R_G)V_1 - V_2 * R_6 \quad (5)$$

Maka didapatkan persamaan untuk V_3 adalah:

$$V_3 = \frac{(R_6 + R_G)V_1 - V_2 * R_6}{R_G} \quad (6)$$



Gambar 3.10 Penurunan Stage 2

Pada gambar 3.9, melihat arus yang melewati R_G dan R_5 yaitu I_1 dan I_2 maka:

$$I_1 = I_2 \quad (7)$$

Didapatkan rumus sebagai berikut:

$$\frac{V_1 - V_2}{R_G} = \frac{V_2 - V_4}{R_5} \quad (8)$$

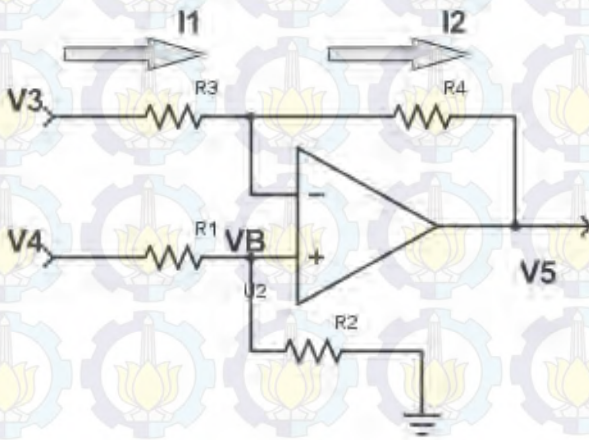
$$(V_1 - V_2) * R_5 = (V_2 - V_4) * R_G \quad (9)$$

$$V_1 * R_5 - V_2 * R_5 = V_2 * R_G - V_4 * R_G \quad (10)$$

$$V_4 * R_G = (R_5 + R_G)V_2 - V_1 * R_5 \quad (11)$$

Maka didapatkan persamaan untuk V_4 adalah:

$$V_4 = \frac{(R_5 + R_G)V_2 - V_1 * R_5}{R_G} \quad (12)$$



Gambar 3.11 Penurunan Stage 3

Pada gambar 3.10, melihat arus pada R3 dan R4 yaitu I2 dan I2, maka:

$$I1 = I2 \quad (13)$$

$$VB = \frac{R4}{R4 + R5} * V4 \quad (14)$$

Maka persamaan untuk I1=I2 adalah:

$$\frac{V3 - VB}{R3} = \frac{VB - V5}{R4} \quad (15)$$

$$(V3 - VB) * R4 = (VB - V5) R3 \quad (16)$$

$$V3 * R4 - VB * R4 = VB * R3 - V5 * R3 \quad (17)$$

$$V5 * R3 = (R4 + R3) * VB - V3 * R4 \quad (18)$$

Maka didapatkan persamaan untuk V5 adalah:

$$V5 = \frac{(R4 + R3) * VB - V3 * R4}{R3} \quad (19)$$

Dengan mensubstitusi nilai VB dan V3 dengan persamaan 14 dan 6 ke persamaan 19, maka:

$$V5 = \frac{(R4 + R3) * \frac{R4}{R4 + R5} * V4 - \frac{(RG + R6)}{RG} V1 - V2 * R6}{R3} \quad (20)$$

Substitusi V4 dengan persamaan 12 ke persamaan 20, maka didapatkan persamaan V5 sebagai berikut:

$$V5 = \frac{(R4 + R3) * \frac{R4}{R4 + R5} * \frac{(R5 + RG)V2 - V1 * R5}{RG} - \frac{(RG + R6)V1 - V2 * R6}{RG} * R4}{R3} \quad (21)$$

Sehingga disederhanakan menjadi

$$V5 = (V2 - V1) \left(\frac{R4}{R3} \right) \left(1 + \frac{2R5}{RG} \right) \quad (22)$$

IC AD620 memiliki resistor penguatan internal, R1 dan R2, yang memiliki nilai mutlak yakni 24.7KΩ. Sehingga untuk mendapatkan penguatan sebesar 5000x diperlukan resistor R_G sebesar :

$$R_G = \frac{49.4K\Omega}{(G-1)} \quad (23)$$

$$R_G \approx 10\Omega \quad (24)$$

3.2.3 Minimum Sistem ATmega 16

Mikrokontroler merupakan suatu sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip*, sehingga sering juga disebut dengan *single chip microcomputer*. ATmega 16 merupakan mikrokontroler CMOS 8 bit buatan ATMEL keluarga AVR.

Minimum sistem merupakan sistem elektronika yang terdiri dari komponen-komponen dasar yang dibutuhkan oleh suatu mikrokontroler untuk dapat berfungsi dengan baik. Pada umumnya, suatu mikrokontroler membutuhkan dua elemen untuk berfungsi yaitu Kristal *oscillator* dan rangkaian reset. Fungsi Kristal *oscillator* untuk memompa data. Sedangkan fungsi rangkaian reset adalah untuk membuat mikrokontroler memulai kembali pembacaan program, hal tersebut dibutuhkan pada saat mikrokontroler mengalami gangguan dalam mengeksekusi program. Pada sistem minimum AVR khususnya ATmega 16 terdapat elemen tambahan, yaitu rangkaian pengendalian ADC : AGND (ADC *ground*), AVCC (ADC VCC) dan AREF (ADC referensi). Contoh minimum sistem ATmega 16 :



Gambar 3.12 Minimum Sistem ATmega 16.

Spesifikasi :

- Microcontroller : Atmega 16
- Operating Voltage : 4.5-5.5V
- I/O Pins : 32 pin
- Flash Memory : 16 KB
- EEPROM : 512 KB
- Clock Speed : 16 MHz
- ADC : 8 kanal, 10 bit ADC
- SRAM : 1KB
- 4 channel PWM



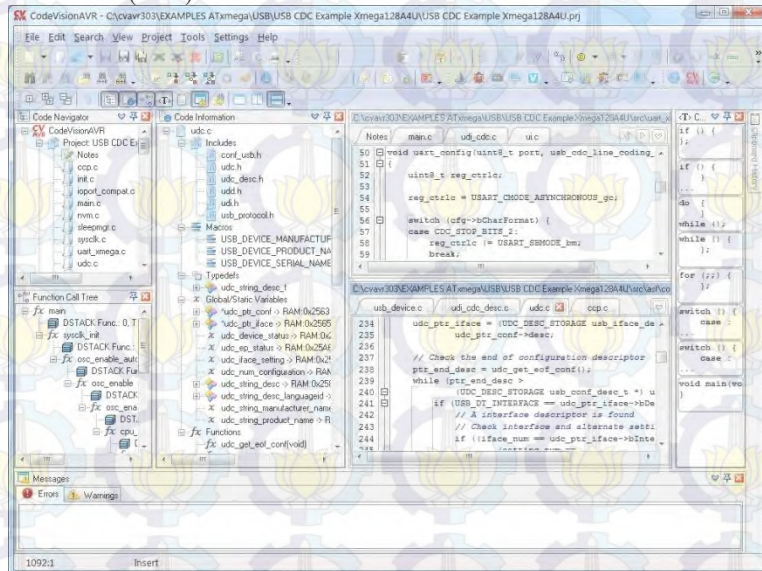
Gambar 3.13 Konfigurasi Pin ATmega16

Mikrokontroler AVR menggunakan *software* codevision AVR, dimana program ditulis dengan bahasa C. Codevision memiliki *integrated development environment* yang lengkap, dimana penulisan program, *compile*, *link*, pembuatan kode *assembly* dan *download* program ke mikrokontroler dapat dilakukan pada codevision. Berikut adalah contoh penulisan program menggunakan codevision avr :

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#define IRsensor PINA.0
#define pompa PORTB.0
```

```
//variable global
Unsigned int i,j;
```

Void main (void)



Gambar 3.14 Pemrograman menggunakan codevision AVR.

3.2.3.1 Perhitungan Resolusi ADC

ADC Atmega 16 memiliki resolusi bit ADC sebesar 10 bit, dengan menggunakan V_{ref} sebesar 5V dan sensor *thermopile* memiliki resolusi sebesar $1mV/1^{\circ}C$. Berikut merupakan perhitungan untuk memperoleh resolusi dari ADC:

$$1LSB = \frac{V_{ref}}{(2^n - 1)} \quad (1)$$

Pada sistem ini menggunakan ADC 10 bit sehingga nilainya adalah $2^{10}-1$ sama dengan 1023, sehingga:

$$1LSB = \frac{V_{ref}}{(2^n - 1)} = \frac{5}{(2^{10} - 1)} = \frac{5}{1023} = 4mV \quad (2)$$

Didapatkan nilai resolusi untuk sistem ini adalah 4mV, sehingga perhitungan pada *thermopile* menjadi $4^{\circ}C$ pada sistem ini. Hal ini menyebabkan nilai sensor pada ADC berubah-ubah tidak stabil. Solusinya yaitu diselesaikan dengan merubah nilai V_{ref} atau dengan merubah resolusi bit pada ADC.

3.2.5 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD mempunyai parallel interface, maksudnya mikrokontroler mempunyai beberapa pin yang dapat mengatur display.

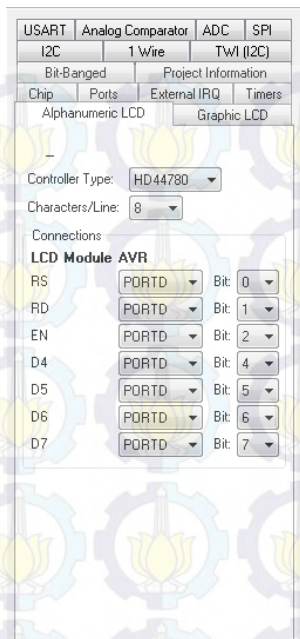
- a. **RS (Register select) pin** : mengatur didalam memory LCD yang akan kita masukkan data. Kita dapat memilih data register, memegang apa yang akan terjadi di layar, atau instruksi register, yang mana kontroler LCD mencari instruksi apa yang akan dilanjutkan berikutnya.
- b. **/Read/Write (R/W) pin** : memilih reading mode atau writing mode.
- c. **Enable pin** : mengaktifkan writing ke register.
- d. **8 data pins (D0 – D7)** : isi dari pins adalah bits (*high* atau *low*) yang mengisi ke register ketika *mode writing*, atau nilai-nilai yang kita baca ketika *mode reading*.

Ada beberapa **display contrast pin (Vo)**, **power supply pins (+5V and Gnd)** dan **LED Backlight (Bklt+ and Bklt-) pins** yang dapat kita gunakan untuk power di LCD, mengontrol kontras display dan menyalakan atau mematikan lampu *background*. Di schematic pin yang saya gunakan:

- LCD RS pin : PORTD.0
- LCD RW pin : PORTD.1
- LCD Enable pin : PORTD.2
- LCD D4 pin : PORTD.4
- LCD D5 pin : PORTD.5
- LCD D6 pin : PORTD.6
- LCD D7 pin : PORTD.7
- Resistor Variabel $1K\Omega$,
- +5V dan ground.



Gambar 3.15 16x2 LCD.



Gambar 3.16 Contoh program LCD di CodeVision.

3.3 Fuzzy Logic

Sistem pengaturan suhu ruangan pada tugas akhir ini, *fuzzy logic* digunakan sebagai pemroses dan penentu hubungan input dan output. Logika fuzzy ditentukan berdasarkan *rule based* yang telah dibuat sebelumnya sehingga hubungan antara output dan input dapat diketahui. Nilai suhu AC awal dibuat menjadi 27 °C dalam kondisi normal.

Tabel 3.2 Set Point Untuk Kontrol Suhu AC

Suhu Tubuh (°C)	Set Point (Suhu AC)
Dibawah Normal (34-36°C)	28 °C
Normal (36-38 °C)	27 °C
Diatas Normal (37-40 °C)	26 °C

3.3.1 Pembentukan Himpunan Fuzzy Logic

Logika fuzzy menggunakan rule based untuk dapat mengklasifikasikan himpunan data-data yang ada, pada tugas akhir ini klasifikasi yang dilakukan adalah suhu badan dan suhu AC seagai input pada logika fuzzy. Suhu badan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu :

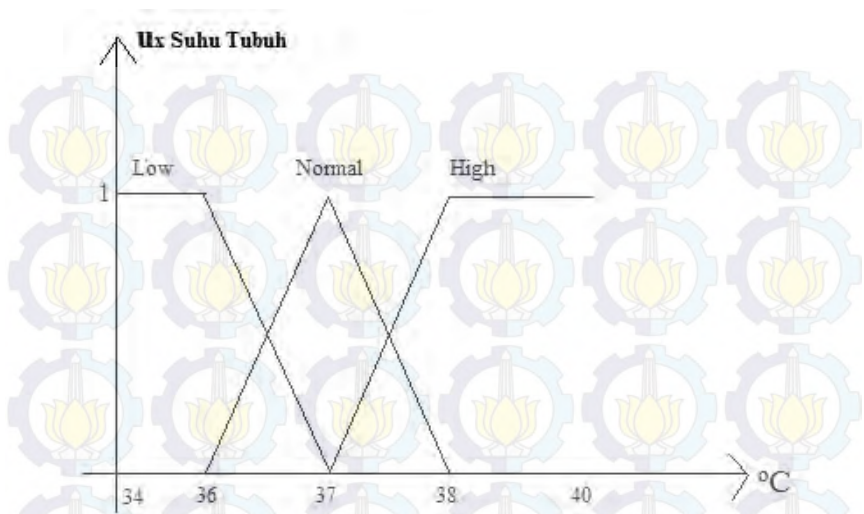
1. Dibawah Normal : 34-37°C
2. Normal : 36-38 °C
3. Diatas Normal : 37-40 °C

Berikut adalah rumus untuk mencari derajat keanggotaan untuk masing-masing himpunan :

$$\mu_{Hipotermia}(X) = \begin{cases} 0, & 37 \leq X \\ \frac{37 - X}{37 - 36}, & 36 \leq X \leq 37 \\ 1, & 34 \leq X < 36 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(X) = \begin{cases} 0, & X < 36 \\ \frac{X - 36}{37 - 36}, & 36 \leq X \leq 37 \\ \frac{38 - X}{38 - 37}, & 37 \leq X \leq 38 \\ 0, & 38 < X \end{cases}$$

$$\mu_{Hipertermia}(X) = \begin{cases} 0, & X < 37 \\ \frac{X - 37}{38 - 37}, & 37 \leq X < 38 \\ 1, & 38 \leq X < 40 \end{cases}$$



Gambar 3.17 himpunan Fuzzy untuk input 1

Sedangkan pada suhu AC dikelompokkan menjadi *cold*, normal dan *warm*. Berikut adalah himpunan fuzzy pada suhu AC, yaitu :

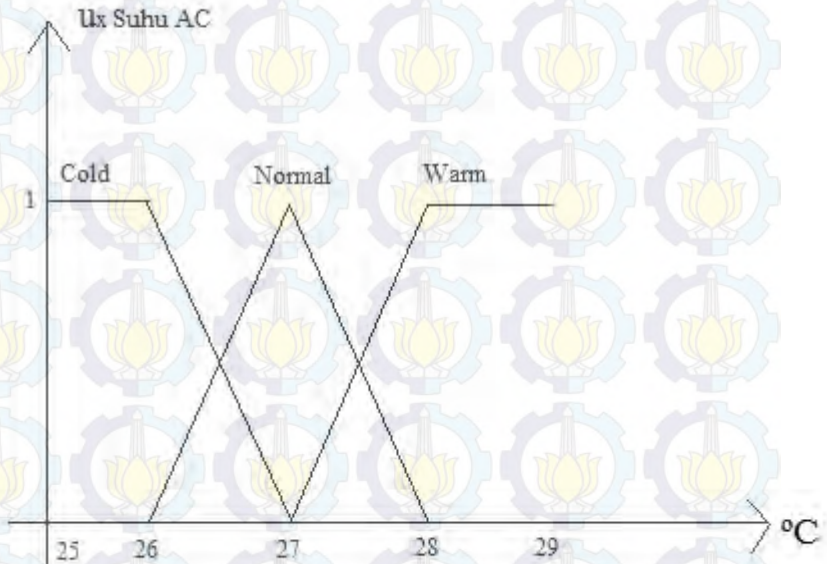
1. Suhu AC Cold : 25-27°C
2. Suhu AC Normal : 26-28°C
3. Suhu AC Warm : 27-29°C

Berikut adalah rumus untuk mencari derajat keanggotaan untuk masing-masing himpunan :

$$\mu_{Cold}(X) = \begin{cases} 0, & 27 \leq X \\ \frac{27 - X}{27 - 26}, & 26 \leq X < 27 \\ 1, & 25 \leq X < 26 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(X) = \begin{cases} 0, & X < 26 \\ \frac{X - 26}{27 - 26}, & 26 \leq X \leq 27 \\ \frac{28 - X}{28 - 27}, & 27 \leq X \leq 28 \\ 0, & 28 < X \end{cases}$$

$$\mu_{Warm}(X) = \begin{cases} 0, & X < 27 \\ \frac{X - 27}{28 - 27}, & 27 \leq X < 28 \\ 1, & 28 \leq X < 29 \end{cases}$$



Gambar 3.18 Himpunan fuzzy untuk input 2

Hasil output yang digunakan pada tugas akhir ini adalah perubahan derajat suhu yang akan dikirimkan ke remote AC. Perubahan derajat suhu AC mengalami kenaikan dan penurunan, ada 5 kategori perubahan derajat yang akan menjadi output, yakni :

1. Negative Medium : -2
2. Negative Small : -1
3. Zero : 0
4. Positive Small : +1
5. Positive Medium : +2

Berdasarkan pada logika if() then() maka hubungan input dan output dapat diketahui dan dapat dilaksanakan. Logika fuzzy memiliki unsur ketidakpastian sebagai variabelnya sehingga dapat menguntungkan, karena data yang digunakan berdasarkan pada penalaran yang digunakan oleh manusia.

Terdapat 9 rule yang akan menghasilkan output, yaitu :

1. IF Suhu_tubuh is Hipotermia AND Suhu_AC is Cold THEN Perubahan is Positive Medium
2. IF Suhu_tubuh is Hipotermia AND Suhu_AC is Normal THEN Perubahan is Positive Small
3. IF Suhu_tubuh is Hipotermia AND Suhu_AC is Warm THEN Perubahan is Zero
4. IF Suhu_tubuh is Normal AND Suhu_AC is Cold THEN Perubahan is Positive Small
5. IF Suhu_tubuh is Normal AND Suhu_AC is Normal THEN Perubahan is Normal
6. IF Suhu_tubuh is Normal AND Suhu_AC is Warm THEN Perubahan is Negative Small
7. IF Suhu_tubuh is Hipertermia AND Suhu_AC is Cold THEN Perubahan is Zero
8. IF Suhu_tubuh is Hipertermia AND Suhu_AC is Normal THEN Perubahan is Negative Small
9. IF Suhu_tubuh is Hipertermia AND Suhu_AC is Warm THEN Perubahan is Negative Medium

Kumpulan Rule tersebut dapat dilihat pada table 3.2 dengan output merupakan perubahan kenaikan dan penurunan derajat suhu.

Rule-rule tersebut bekerja berdasarkan pada derajat keanggotaan yang masing-masing dimiliki oleh himpunan. Derajat keanggotaan pada masing-masing himpunan tersebut menentukan output yang akan dikeluarkan oleh sistem berdasarkan pada *rule based* tersebut.

Berdasarkan pada *rule based* diatas, dapat diketahui output yang diinginkan berdasarkan kondisi-kondisi yang telah ditentukan.

Tabel 3.3 *Rule Based Fuzzy Logic.*

	Hipotermia	Normal	Hipertermia
Cold	Positif Medium	Positif Small	Zero
Normal	Positif Small	Zero	Negatif Small
Warm	Zero	Negatif Small	Negatif Medium

3.4 Regresi Linier

Analisis regresi linier sederhana adalah hubungan secara linier antara variable independen (X) dengan variable dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variable independen dengan variable dependen apakah positif atau negative dan untuk memprediksi nilai dari variable dependen apabila nilai variable independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio. Rumus regresi linier sederhana sebagai berikut :

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Dimana Y merupakan variable yang diprediksikan, X adalah variable independen, a merupakan konstanta dan b adalah koefisien regresi (nilai peningkatan atau penurunan).

Regresi linier digunakan dalam sistem ini untuk mencari nilai konversi dari tegangan yang dikeluarkan oleh sensor suhu *thermopile* menjadi satuan suhu ($^{\circ}\text{C}$). Tegangan yang dihasilkan oleh sensor *thermopile* dikonversi menjadi satuan suhu menggunakan regresi, dengan mendefinisikan nilai tegangan yang dikeluarkan *thermopile* terhadap suhu yang terdeteksi menjadi salah satu variable kunci untuk mendapatkan nilai konversi. Pembacaan nilai ADC dari tegangan *thermopile* menjadi variable X. tegangan yang dikeluarkan oleh *thermopile* masuk kedalam ADC internal ATmega 16, untuk mendapatkan nilai konversi dari tegangan menjadi ADC digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Bit_ADC} = \left(\frac{V_{in}}{V_{ref}} \right) \times 1023 \quad (2)$$

Nilai 1024 merupakan resolusi ADC internal ATmega 16 yaitu 10 bit dimana 2^{10} adalah 1024, sedangkan V input merupakan tegangan keluaran *thermopile* yang masuk kedalam ADC internal ATmega16. Tegangan referensi merupakan tegangan referensi yang digunakan ADC yang memiliki tegangan 5v. Nilai ADC didapatkan dengan cara mengkonversi tegangan keluaran *thermopile*. *Thermopile* memiliki resolusi 1mV/ $^{\circ}\text{C}$. ADC mikrokontroler memiliki ATmega 16 memiliki

resolusi ADC 10 bit dengan V_{ref} 5V, maka perhitungan untuk 1 LSBnya adalah:

$$1LSB = \frac{V_{ref}}{(2^{10} - 1)} = \frac{5}{1023} = 4mV \quad (3)$$

kemudian dapat dicari formula untuk konversi tegangan menjadi satuan suhu dalam derajat celcius. Untuk memperoleh nilai dari a dan b digunakan rumus sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum X^2 \sum Y - \sum X \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (4)$$

$$b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (5)$$

Dimana n adalah jumlah pengukuran. Dengan menggunakan nilai- nilai pada tabel diatas, dapat diperoleh nilai dari a dan b, yakni sebagai berikut :

$$a = \frac{(3287775.506 * 355) - (5442.36 * 1079656248)}{(10 * 3287775.506) - (29619282.37)} \quad (6)$$

$$a = 26.8543^\circ C \quad (7)$$

Dan

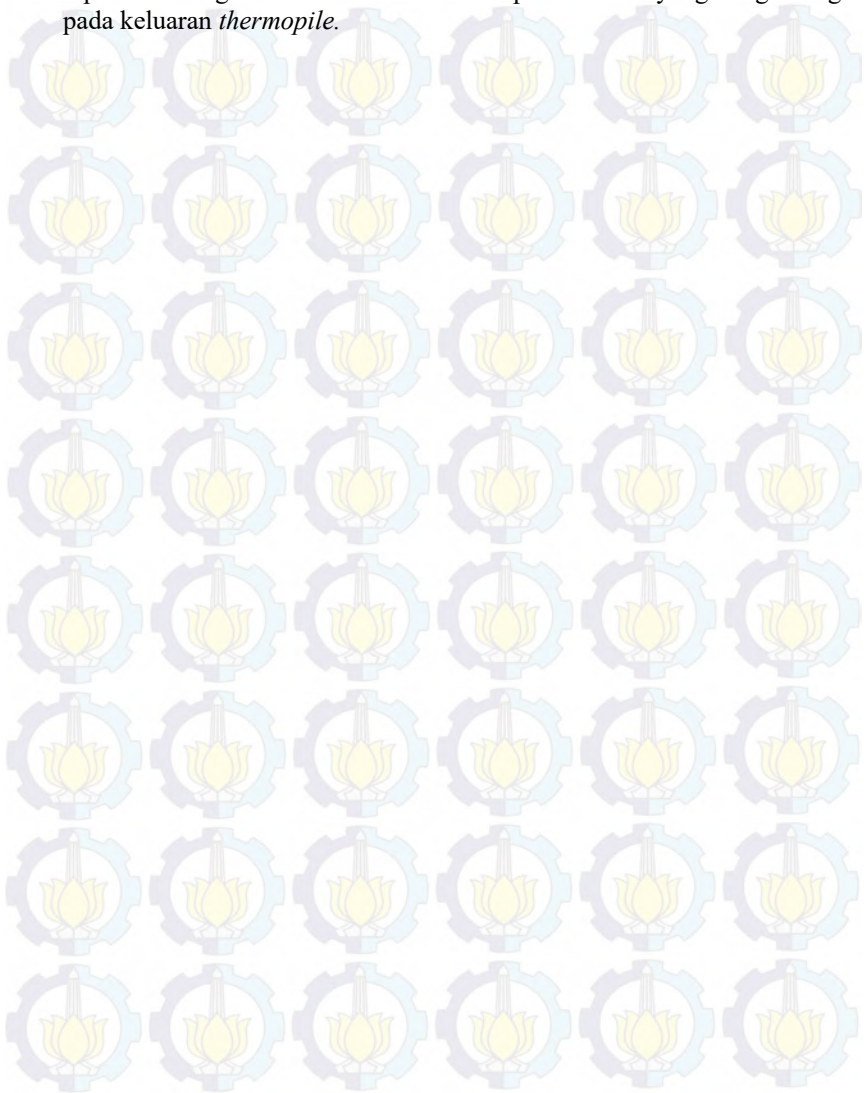
$$b = \frac{(10 * 198380.16) - (1932037.8)}{(10 * 3287775.506) - (29619282.37)} \quad (8)$$

$$b = 0.015885909^\circ C/bit \quad (9)$$

Dengan didapatkannya nilai a dan b, maka sudah didapatkan rumus untuk melakukan konversi tegangan keluaran *thermopile* menjadi satuan derajat celcius sebagai berikut :

$$Y = 26.8543 + 0.01588X \quad (10)$$

Y merupakan suhu yang dicari berdasarkan pada nilai X. Suhu konversi diperoleh dengan memasukkan nilai X pada rumus yang bergantung pada keluaran *thermopile*.



BAB IV PENGUJIAN ALAT

Pada tugas akhir ini, pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan. Pengujian sistem ini terdiri atas pengujian perangkat keras, pengujian perangkat lunak serta pengujian keseluruhan sistem.

4.1 Pengujian Pembacaan Suhu

Pada pengujian pembacaan suhu oleh sensor *thermopile*, dilakukan dengan cara 5 kali pengambilan data dalam jarak 10 cm untuk mendapatkan nilai rata-rata sehingga dapat dicari nilai konversinya menggunakan regresi linier.

Sensor diuji dengan kalibrasi menggunakan thermometer, sehingga mendapatkan nilai yang akurat untuk setiap derajat suhunya.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian pembacaan suhu pada jarak 10 cm

No.	Suhu	Tegangan <i>thermopile</i>
1.	31	1.3v
2.	32	1.6v
3.	33	1.9v
4.	34	2.1v
5.	35	2.5v
6.	36	2.9v
7.	37	3.1v
8.	38	3.4v
9.	39	3.8v
10.	40	4v



Gambar 4.1 Alat yang sudah jadi

4.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak merupakan pengujian terhadap program konversi dari tegangan keluaran *thermopile* menjadi suhu dalam satuan derajat celcius. Tujuan pengujian perangkat lunak agar didapatkan hasil yang maksimal dalam pembacaan dan proses *fuzzy*.

4.2.1 Pengujian Sensor *thermopile*

Pengujian deteksi suhu dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang dapat menyebabkan gangguan pada pembacaan sensor. Pengujian ini dilakukan dengan jarak lensa sensor dengan tubuh adalah 10 cm. Pembacaan dilakukan dengan sensor menghadap tembok agar tidak terganggu dengan radiasi inframerah lainnya selain tubuh.

Berdasarkan pengujian, *Thermopile* sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Perubahan lingkungan tersebut dapat membuat pembacaan sensor menjadi kurang stabil meskipun tidak terpaut jauh dari pembacaan aslinya. Hal ini dapat diminimalisir dengan membuat

ruangan tidak terdapat alat yang dapat memancarkan inframerah selain suhu tubuh yang dideteksi. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan air es dan air panas yang diukur menggunakan alat kalibrasi kemudian suhu yang dikeluarkan dibaca oleh *thermopile*.

4.2.2 Pengujian Hasil konversi Suhu

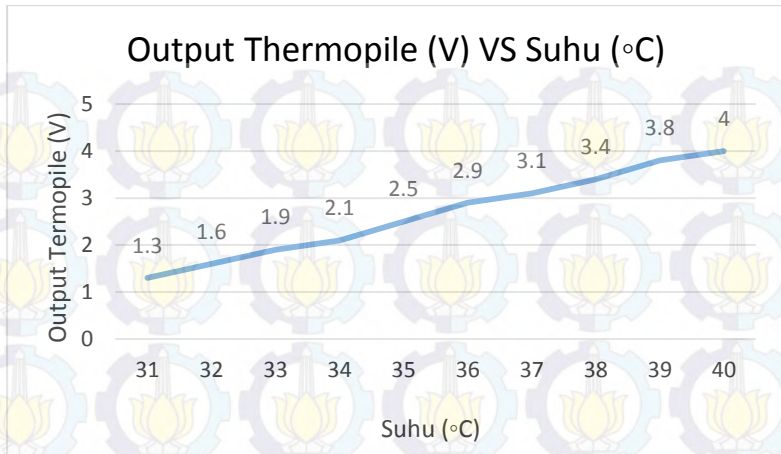
Pengujian konversi suhu sensor bertujuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan tegangan yang terbaca oleh sensor. Pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai yang sebenarnya dari konversi tersebut dengan cara hasil tegangan keluaran *thermopile* dibaca oleh ADC internal ATmega 16 dan dikonversi berdasarkan perhitungan regresi linier sehingga didapatkan nilai suhu yang sebenarnya.

Pengujian dilakukan pada kondisi ruangan terang dan gelap untuk melihat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi perubahan pembacaan pada sensor *thermopile*.

Konversi dari tegangan menjadi suhu dengan menggunakan formula yang didapatkan dari data-data yang telah diregresi linier.

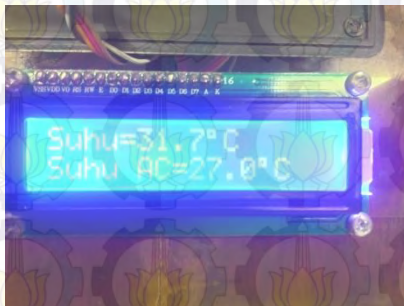
Tabel 4.2 Data regresi linier untuk mencari nilai konversi.

No.	Suhu (Y)	Tegangan <i>Thermopile</i>	ADC(X)	X^2	Y^2	$X*Y$
1.	31	1.3v	265.98	70745.36	961	8245.38
2.	32	1.6v	327.36	107164.57	1024	10475.52
3.	33	1.9v	388.74	151118.79	1089	12828.42
4.	34	2.1v	429.66	184607.72	1156	14608.44
5.	35	2.5v	511.5	261632.25	1225	17902.5
6.	36	2.9v	593.34	352052.36	1296	21360.24
7.	37	3.1v	634.26	402285.75	1369	23467.62
8.	38	3.4v	695.64	483915.01	1444	26434.32
9.	39	3.8v	777.48	604475.15	1521	30321.72
10.	40	4v	818.4	669778.56	1600	32736



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan antara suhu dan output tegangan *thermopile*.

Gambar 4.2 diatas menunjukkan linearisasi antara suhu yang terukur dan tegangan yang dikeluarkan oleh *thermopile*.



Gambar 4.3 hasil konversi tegangan *thermopile* menjadi suhu

```

adc=read_adc(0);
suhu=26.8543+(0.0158859*(adc));
AC=pointer_eeprom;
lcd_gotoxy(0,0);
sprintf(coba2,"Suhu=%0.001f",suhu);
lcd_puts(coba2);
lcd_gotoxy(9,0);
lcd_putchar(0xdf);
lcd_putsf("C");
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(coba,"Suhu AC=%0.001f",AC);
lcd_puts(coba);
lcd_gotoxy(12,1);
lcd_putchar(0xdf);
lcd_putsf("C");
delay_ms(250);

```

Gambar 4.4 coding untuk melakukan konversi suhu

4.3 Modifikasi Remote AC

Remote AC dimodifikasi agar dapat terhubung dengan mikrokontroler untuk melakukan otomatisasi berdasarkan pada *rule based* yang dibangun dengan menggunakan *fuzzy logic*.

Dalam melakukan modifikasi pada remote AC agar dapat berjalan, diperlukan identifikasi pada rangkaian remote. Rangkaian remote diidentifikasi satu persatu untuk menemukan jalur yang mana dan melakukan instruksi apa pada remote. Proses identifikasi pada rangkaian dengan cara mencari jalur-jalur pada remote yang terhubung dengan tombol ON/OFF, UP dan DOWN. Berikut adalah pasangan kabel-kabel hasil modifikasi untuk masing-masing fungsi tombol pada remote :

1. Kabel kuning + kabel merah = UP.
2. Kabel kuning + kabel coklat = DOWN.
3. Kabel coklat + kabel hijau = ON/OFF



Gambar 4.5 Remote AC Panasonic.



Gambar 4.6 Hasil Modifikasi Remote AC.

Rangkaian yang terdapat pada remote dicari jalurnya dan diidentifikasi mengenai hubungan masing-masing jalur terhadap tombol, pada gambar diatas dapat dilihat bahwa terdapat kabel yang dihubungkan dengan jalur tombol pada remote ac. Pada program digunakan delay 10ms untuk menghubungkan antar kabel remote dan delay 1 detik untuk tombol menunggu sinyal yang dikirimkan lainnya. Sinyal keluaran dari mikrokontroler masuk ke modul relay opto-isolated

5V 2 channel dan 1 channel sebagai ganti push button pada remote dan juga untuk mencegah remote mengalami kerusakan. Remote AC akan berubah ketika mendapatkan sinyal dari mikrokontroler.

4.4 Pembahasan Permasalahan

Setelah dilakukan pengujian, didapatkan permasalahan yang perlu diatasi dalam tugas akhir ini. Ini ditujukan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pembacaan dan konversi sensor *thermopile* dalam satuan derajat celsius.

Pembacaan suhu ketika tidak mendeteksi masih memiliki sisa radiasi inframerah sehingga nilai dari *thermopile* tidak dapat mendekati nilai minimumnya.

4.4.1 Pengujian Menggunakan Lensa Fresnel

Pada pengujian ini digunakan lensa Fresnel pada sensor *thermopile* untuk melihat pengaruh akibat penggunaan lensa. Penambahan lensa membuat pembacaan sensor menjadi lebih stabil. Pengaruh jarak yang terjadi ketika tidak menggunakan lensa dapat diminimalisir dengan menggunakan lensa Fresnel. Perbedaan akibat jarak tersebut tidak begitu berpengaruh ketika menggunakan lensa Fresnel dibandingkan ketika tidak menggunakan lensa dimana suhu akan memiliki perbedaan yang cukup jauh ketika jarak yang digunakan bervariasi.

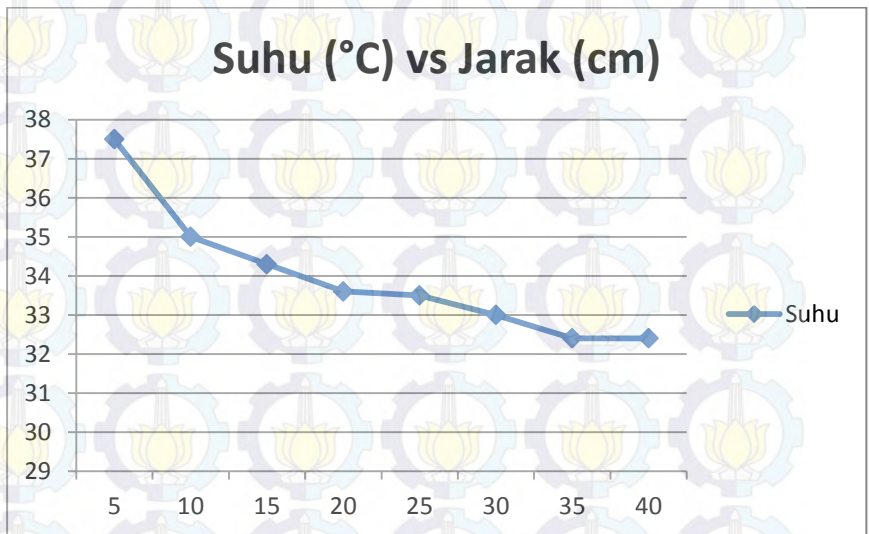
4.4.2 Pengaruh Jarak Terhadap Pengukuran

Sensor *thermopile* memiliki fungsi jarak terhadap pengukuran sehingga ketika dilakukan pengukuran dengan jarak yang bervariasi didapatkan perbedaan pada pembacaan suhu dimana semakin jauh jarak deteksinya maka semakin kecil suhu yang dibaca oleh sensor. Pengaruh jarak tersebut disebabkan oleh perbedaan deteksi energi inframerah, juga pengaruh terhadap spot deteksi yang semakin jauh atau semakin dekat sehingga inframerah yang dideteksi menjadi semakin kecil atau semakin besar.

Dari tabel 4.3 dapat disimpulkan bahwa sensor memiliki pengaruh jarak dalam pengukurannya sehingga pada jarak deteksi yang berbeda suhu yang terdeteksi akan berbeda pula. Pada pengujian 10cm didapatkan hasil yang serupa dengan suhu yang dideteksi, dikarenakan pengujian didapatkan dari jarak 10cm dan data untuk nilai regresi

Tabel 4.3 Pengaruh jarak pada suhu 35°C

Jarak Deteksi	Tegangan	Suhu
5cm	3.3v	37.5°C
10cm	2.5v	35°C
15cm	2.3v	34.3°C
20cm	2.1v	33.6°C
25cm	2v	33.5°C
30cm	1.9v	33°C
35cm	1.8v	32.4°C
40cm	1.8v	32.4°C



Gambar 4.7 Pengaruh jarak pada pengukuran suhu

4.5 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk menguji respon remote yang dikontrol terhadap sistem. Remote yang dikontrol mendapatkan sinyal dari mikrokontroler melalui module relay opto isolated 5v untuk merubah suhu pada AC dan melakukan hidup dan nyala AC secara otomatis berdasarkan pada suhu tubuh yang dideteksi oleh sensor inframerah.

Logika fuzzy digunakan sebagai penalaran menggunakan aturan-aturan fuzzy yang telah dibangun yaitu IF THEN, contohnya if suhu tubuh sama dengan hipertermia and suhu ac sama dengan normal then perubahan negative small dimana negative small adalah -1 yaitu penurunan 1 derajat pada remote ac. Pengujian dilakukan dengan pendeteksian variasi suhu tubuh untuk melihat respon system terhadap suhu yang dideteksi oleh sensor. Kondisi awal suhu remote AC adalah 27°C. remote akan menyala apabila sensor mendeteksi suhu tubuh diatas 27°C dan akan mati apabila sensor mendeteksi suhu tubuh sama dengan 27°C.

Remote AC mengalami perubahan derajat jika suhu tubuh yang dideteksi yaitu

- hipotermia (34-36°C), maka respon remote AC adalah mengalami perubahan kenaikan sebanyak 1 derajat menjadi 28°C apabila suhu AC awal adalah 27 °C. kenaikan 2 derajat menjadi 28°C apabila suhu pada remote AC 26°C.
- Normal (36-38°C), respon remote AC adalah jika suhu pada remote AC 26°C maka remote AC mengalami kenaikan 1 derajat menjadi 27°C. Jika suhu remote AC 28°C maka responnya adalah penurunan sebanyak 1 derajat menjadi 27°C.
- Hipertermia (37-40 °C), respon remote AC adalah jika suhu pada remote AC 28°C maka respon remote mengalami penurunan 2 derajat menjadi 26°C. Apabila suhu remote Ac 27°C maka respon remote mengalamii penurunan 1 derajat menjadi 26°C

Pengujian dilakukan dengan posisi suhu yang dideteksi tepat didepan sensor dengan jarak 10cm tanpa penggunaan lensa fresnel. Berikut adalah hasil ppengujian yang telah dilakukan:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Sistem Percobaan 1

Kondisi remote AC Saat Ini	Suhu tubuh yang dideteksi	Set Point Remote AC	Respon remote AC	Keterangan
Mati & AC = 27°C	Tidak ada = 33.2°C	Nyala	AC Nyala	Sukses
Nyala & AC = 27°C	34.5°C	28°C	Suhu Naik = 28	Sukses
Nyala & AC = 28°C	38.3°C	26°C	Suhu Turun = 26	Sukses
Nyala & AC = 26°C	36.6°C	27°C	Suhu Naik = 27	Sukses
Nyala & AC = 27°C	37.2°C	27°C	Suhu Tetap	Sukses
Nyala & AC = 27°C	36.7°C	27°C	Suhu Tetap	Sukses
Nyala & AC = 27°C	38.7°C	26°C	Suhu Turun = 26	Sukses
Nyala & AC = 26°C	36.9°C	27°C	Suhu Tetap	Gagal
Nyala & AC = 26°C	36.7°C	27°C	Suhu Naik = 27	Sukses
Nyala & AC = 27°C	39.5°C	26°C	Suhu Turun = 26	Sukses

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Percobaan 2

Kondisi Saat Ini	Suhu tubuh yang dideteksi	Set Point Remote AC	Respon remote AC	Keterangan
Mati & AC = 27°C	Tidak ada = 29.2°C	Nyala	AC Nyala	Sukses
Nyala & AC = 27°C	39°C	26°C	Suhu Turun = 26	Sukses
Nyala & AC = 26°C	37.1°C	27°C	Suhu Naik = 27	Sukses
Nyala & AC = 27°C	37.1°C	27°C	Suhu Tetap	Sukses
Nyala & AC = 27°C	26.9°C	Mati	Tidak ada	Gagal
Nyala & AC = 27°C	36.6°C	27°C	Suhu Tetap	Sukses
Nyala & AC = 27°C	39.3°C	26°C	Suhu Turun = 26	Sukses
Nyala & AC = 26°C	34.4°C	28°C	Suhu Naik = 27	Gagal
Nyala & AC = 27°C	37°C	27°C	Suhu Tetap	Sukses
Nyala & AC = 27°C	38.7°C	26°C	Suhu Turun = 26	Sukses

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sistem Percobaan 3

Kondisi Saat Ini	Suhu tubuh yang dideteksi	Set Point Remote AC	Respon remote AC	Keterangan
Mati & AC = 27°C	Tidak ada = 31.3°C	Nyala	AC Nyala	Sukses
Nyala & AC = 27°C	39°C	26°C	Suhu Turun = 26°C	Sukses
Nyala & AC = 26°C	37.1°C	27°C	Suhu Naik = 27°C	Sukses
Nyala & AC = 27°C	36.9°C	27°C	Suhu Tetap	Sukses
Nyala & AC = 27°C	27°C	Mati	AC Mati	Sukses
Mati & AC = 27°C	36.7°C	Nyala	AC Nyala	Sukses
Nyala & AC = 27°C	38.7°C	26°C	Suhu Turun = 26°C	Sukses
Nyala & AC = 26°C	34.9°C	28°C	Suhu Naik = 27°C	Gagal
Nyala & AC = 27°C	36.7°C	27°C	Suhu Naik = 28°C	Gagal
Nyala & AC = 28°C	27.1°C	Mati	AC Mati	Sukses

Dari pengujian diatas dapat dikatakan bahwa dari 30 percobaan system mengalami kegagalan sebanyak 5 kali dan keberhasilan sebanyak 25 kali, sehingga tingkat keberhasilan system 83%, sesuai dengan rule based logika fuzzy dan perubahan suhu pada remote AC berjalan sesuai dengan kondisi yang telah dibuat sebelumnya.

BAB V

PENUTUP

Setelah dilakukan rangkaian kegiatan perancangan sistem dan pengujian alat penulis memperoleh kesimpulan dan memberikan beberapa saran sebagai berikut

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dalam Tugas Akhir ini adalah sensor dapat membaca dan mengkonversi nilainya menjadi dalam satuan suhu. ADC pada system ini memiliki resolusi 4mV sedangkan thermopile memiliki resolusi 1mV sehingga pembacaannya menjadi 4°C pada ADC.

Sistem Fuzzy juga sudah dapat mengontrol remote AC berdasarkan suhu tubuh. Namun sensor memiliki fungsi jarak, sehingga pengukuran terhadap suhu yang dideteksi berubah terhadap jarak deteksi yang bervariasi. Jarak optimalnya adalah 10-15cm. Tingkat keberhasilan dari 30 percobaan yang telah dilakukan yaitu 25 kali berhasil dan 5 kali gagal, presentase keberhasilan pengujian adalah 83%.

5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk pengembangan Tugas Akhir adalah sebagai berikut :

- Dibutuhkan pengujian lebih lanjut dengan sumber suhu agar pembacaan suhu menjadi lebih akurat disetiap derajatnya.
- Menggunakan *thermopile* non kontak dengan tipe berbeda yang memiliki jarak deteksi yang lebih jauh.
- Penelitian lebih lanjut untuk menemukan formula agar pembacaan tidak terpengaruh dengan fungsi jarak.
- Pengujian lebih lanjut mengenai pengaruh temperature lingkungan terhadap suhu tubuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saifuddin, Abdul Barri. (2008). *Buku Panduan Praktis Pelayanan Kesehatan Maternal & Neonatal*. INPKKR-POGI & YBS-SP, Jakarta.
- [2] Suriadi & Rita Yuliani. (2006). *Asuhan Keperawatan Pada Anak Edisi 2*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- [3] Kusumadewi, Sri, (2002). *Analisis dan Disain Sistem Fuzzy*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [4] Gabriel, JF. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta : EGC.
- [5] Kurniawan Nugroho, Andi. (2008). *Akuisisi Suhu Hipertermia Berbasis USB*. Skripsi S-1, Universitas Semarang. Semarang.
- [6] Adhy Hidayanto, Rhodian. (2006). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pengendalian Temperatur Berbasis PCa Pada Sistem Hipertermia Medis*. Skripsi S-1, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- [7] Instructables, “Build transistor Circuit Board For Controlling Air Conditioner Remote Control Using Arduino” <URL: <http://www.instructables.com/id/Build-a-transistor-circuit-board-for-controlling-A/?ALLSTEPS> >, April, 2014.
- [8] Wikipedia, “*thermopile*” <URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Thermopile> >, Maret, 2011.
- [9] Azooptics, “Thermopile Circuit and Design” <URL: <http://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=288> >, Juni, 2008.
- [10] Eko Hertanto, “Analisis Regresi Linier Untuk Penelitian Kuantitatif” <URL: http://www.academia.edu/9422924/ANALISIS_REGRESI_LINIER_SEDERHANA_UNTUK_PENELITIAN_KUANTITATIF_Einfach_lineare_Regression_Analyse_fuer_Quantitative_Forschung >, Agustus, 2008.
- [11] Andrianto, Heri. (2008). *Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16 Menggunakan Bahasa C*. Bandung: Informatika Bandung.
- [12] Duwi Consultant, “Analisis regresi Linier Sederhana” <URL: <http://duwiconsultant.blogspot.com/2011/11/analisis-regresi-linier-sederhana.html> >, Maret, 2011.
- [13] Micael, Akogbe A.. (2014). “*Human Body Temperature Based Air Conditioning Control System*”. International Journal of

Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 5,
May 2014.

- [14] Guntara, Sandy Yudha. “Dampak Suhu Bagi Tubuh Manusia”.
<URL:<https://aplikasiergonomi.wordpress.com/2012/06/11/dampak-suhu-bagi-tubuh-manusia/>>/. Juni, 2012
- [15] Nugroho, Sigit. (2009). *Gambaran Paparan Suhu Dingin Terhadap Kejadian Hipotermia Pada Pekerja Operator Distribution Control System Gedung CCB Kujang IB PT. Pupuk Kujang Cikampek Kabupaten Karawang Tahun 2009*. Skripsi S-1. Universitas Indonesia, Depok
- [16] Instructables, “Thermopile Sensor” <URL:
<http://www.instructables.com/id/Thermopile-Sensor/>>,
September , 2011.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Danang Rizki Mohamed. lahir di bogor pada tanggal 24 Agustus 1992, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis mengawali kegiatan pendidikan formal di SDN Pengadilan II Bogor pada tahun 1998, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Insan Kamil Bogor pada tahun 2004, kemudian dilanjutkan di SMA Rimba Madya Bogor pada tahun 2007. Penulis melanjutkan studi ke jenjang perguruan tinggi dan diterima sebagai mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember jurusan Teknik Elektro pada tahun 2010.

Email : rizki.danang@ymail.com